

Het bepalen van de ligging en omvang van bufferzones tegen  
inspoeling van nitraat voor een viertal beekdalen in  
Noord-Brabant



Het bepalen van de ligging en omvang van bufferzones tegen  
inspoeling van nitraat voor een viertal beekdalen in  
Noord-Brabant

T.C.M. van Dort  
R.H. Kemmers

Rapport 37

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990

## REFERAAT

Van Dort, en Kemmers, 1990. Het bepalen van de ligging en omvang van bufferzones tegen inspoeling van nitraat voor vier beekdalen in Noord-Brabant. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 37.

91 blz.; 15 fig.; 39 tab.; 5 aanhangsels.

Voor vier beekdalen in Noord-Brabant is de ligging en omvang van bufferzones tegen nitraatinspoeling rond gebieden met natuurwetenschappelijke waarden bepaald. De methode die hiervoor is toegepast is reeds ontwikkeld in eerder onderzoek.

Voor een tweedimensionale dwarsdoorsnede van het landschap tussen waterscheiding en beekdal wordt met behulp van vuistregels de nitraatuitspoeling naar het grondwater en de denitrificatiesnelheid van het uitgespoelde nitraat bepaald. Met het model STRELIN wordt de grondwaterstroming in de dwarsdoornede geanalyseerd. Het nitraat, ingevoerd aan het grondoppervlak, wordt langs de stroomlijnen van STRELIN getransporteerd naar het beekdal. Afhankelijk van de mate van denitrificatie tijdens het transport zal meer of minder nitraat het beekdal bereiken. De denitrificatiesnelheid wordt gekoppeld aan de reistijd van het grondwater. De breedte van de bufferzone is gebaseerd op de tijd die nodig is om de nitraatbelasting van het grondwater via denitrificatie te laten reduceren tot voor natuur aanvaardbare normen. Deze benodigde denitrificatieperiode (x-jaar) wordt geëxtrapoleerd naar het x-jaars intrekgebied langs het beekdal, dat aangeeft binnen hoeveel jaar het ter plekke geïnfilterde water het beekdal zal hebben bereikt.

Trefwoorden: Beekdal, bodemgebruik, grondwatertrap, bemestingsniveau, nitraatuitspoeling, grondwaterstroming, denitrificatiecapaciteit, verblijftijd, bufferzone

ISSN 0924-3070

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied Postbus 125, 6700 AC Wageningen

Tel.: 08370-19100; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

## INHOUD

	Blz.
VOORWOORD	11
SAMENVATTING	13
1 INLEIDING	15
2 ALGEMENE OPZET	19
3 REGIO DE GROOTE BEERZE	21
3.1 Gebiedsbeschrijving	21
3.1.1 Topografie	21
3.1.2 Geohydrologie	21
3.1.3 Bodemgebruik	21
3.1.4 Mestproduktie	22
3.1.5 Denitrificatiecapaciteit	23
3.1.6 Ligging van de transecten	25
3.2 (Model)berekeningen	25
3.2.1 Mesttoedeling	25
3.2.1.1 Bemestingsniveaus	27
3.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie	28
3.3 Lokale waterhuishouding	30
3.3.1 Invoergegevens	30
3.3.2 Resultaten	32
3.4 De regionale waterhuishouding	32
3.4.1 Invoergegevens STRELIN	32
3.4.2 Resultaten	33
3.5 Bufferbreedten	35
3.5.1 Nomogrammen	35
3.5.2 Ruimtelijke weergave bufferbreedten	36
4 REGIO DE TURFVAART	39
4.1 Gebiedsbeschrijving	39
4.1.1 Topografie	39
4.1.2 Geohydrologie	39
4.1.3 Bodemgebruik	41
4.1.4 Mestproduktie	41
4.1.5 Denitrificatiecapaciteit	42
4.1.6 Ligging van de transecten	43
4.2 (Model)berekeningen	43
4.2.1 Mesttoedeling	43
4.2.1.1 Bemestingsniveaus	43
4.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie	43
4.3 Lokale waterhuishouding	45
4.3.1 Invoergegevens	45
4.3.2 Resultaten	47
4.4 De regionale waterhuishouding	47
4.4.1 Invoergegevens STRELIN	47
4.4.2 Resultaten	50
4.5 Bufferbreedten	50

5	REGIO HET MERKSKE	53
5.1	Gebiedsbeschrijving	53
5.1.1	Topografie	53
5.1.2	Geohydrologie	53
5.1.3	Bodemgebruik	55
5.1.4	Mestproductie	56
5.1.5	Denitrificatiecapaciteit	56
5.1.6	Ligging van de transecten	57
5.2	(Model)berekeningen	57
5.2.1	Mesttoedeling	57
5.2.1.1	Bemestingsniveaus	57
5.2.1.2	Nitraatuitspoeling en denitrificatie	58
5.3	Lokale waterhuishouding	59
5.3.1	Invoergegevens	59
5.3.2	Resultaten	60
5.4	De regionale waterhuishouding	61
5.4.1	Invoergegevens STRELIN	61
5.4.2	Resultaten	61
5.5	Bufferbreedten	65
6	REGIO DE BRAND	67
6.1	Gebiedsbeschrijving	67
6.1.1	Topografie	67
6.1.2	Geohydrologie	67
6.1.3	Bodemgebruik	69
6.1.4	Mestproductie	69
6.1.5	Denitrificatiecapaciteit	70
6.1.6	Ligging van de transecten	71
6.2	(Model)berekeningen	71
6.2.1	Mesttoedeling	71
6.2.1.1	Bemestingsniveaus	71
6.2.1.2	Nitraatuitspoeling en denitrificatie	72
6.3	Lokale waterhuishouding	74
6.3.1	Invoergegevens	74
6.3.2	Resultaten	74
6.4	De regionale waterhuishouding	75
6.4.1	Invoergegevens STRELIN	75
6.4.2	Resultaten	75
6.5	Bufferbreedten	79
	LITERATUUR	81
	TABELLEN	
1	Benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat in relatie tot het bodemgebruik en de grondwatertrap	11
2	Overzicht van de gebiedsparameters a, b en c voor de verschillende verblijftijden, per gebied	12
3	Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio De Groote Beerze	22

4	Aantal dieren in de regio De Groote Beerze, mest- produktie per dier en de percentages N, P en K per ton mest	22
5	Denitrificatiecapaciteit voor de regio De Groote Beerze afhankelijk van de zuurgraad en het organi- sche-stofgehalte	23
6	Hoeveelheden dierlijke mest uitgedrukt in kg P die in de 4 fasen volgens het Besluit gebruik dierlijke meststoffen mogen worden toegediend afhankelijk van het bodemgebruik	27
7	Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiks- vorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaat- normering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot	27
8	Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie tijdens de verschil- lende fasen van de fosfaatnormering	29
9	Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodig- de verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat	29
10	Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio De Groote Beerze	31
11	Gebiedsparameter a en de standaarddeviatie hierin voor de regio De Groote Beerze voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd	33
12	Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodem- gebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterschei- ding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 30 kg/ha.jr.m	36
13	Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio De Turfvaart	41
14	Aantal dieren in de regio De Turfvaart, mestproduk- tie per dier en de percentages N, P en K per ton mest	42
15	Denitrificatiecapaciteit voor de regio De Turfvaart afhankelijk van de zuurgraad en het organische- stofgehalte	42
16	Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiks- vorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaat- normering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot	44
17	Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie tijdens de verschil- lende fasen van de fosfaatnormering	44

18	Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat	45
19	Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio De Turfvaart	47
20	Gebiedsparameter a en de standaarddeviatie hierin voor de regio De Turfvaart voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd	50
21	Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterscheiding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 87 kg/ha.jr.m	51
22	Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio Het Merkske	55
23	Aantal dieren in de regio Het Merkske, mestproductie per dier en de percentages N, P en K per ton mest	56
24	Denitrificatiecapaciteit voor de regio Het Merkske afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte	57
25	Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiksvorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot	58
26	Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering	59
27	Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat	59
28	Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio Het Merkske	60
29	Gebiedsparameter a en de standaarddeviatie hierin voor de regio Het Merkske voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd	65
30	Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterscheiding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 87 kg/ha.jr.m	65
31	Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio De Brand	69
32	Aantal dieren in de regio De Brand, mestproductie per dier en de percentages N, P en K per ton mest	70



33	Denitrificatiecapaciteit voor de regio De Brand afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte	70
34	Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiks-vorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaat-normering met reductie van de intensieve veehoude-rij in geval van mestoverschot	72
35	Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie tijdens de verschil-lende fasen van de fosfaatsnormering	73
36	Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat	73
37	Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio De Brand	74
38	Gebiedsparameters b en c en de correlatiecoëfficiënt hierbij voor de regio De Brand voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd	79
39	Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodem-gebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand x tot aan de beek bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 63 kg/ha.jr.m	79

## FIGUREN

1	Globale ligging van de vier bodembeschermingsgebieden	16
2	Isohypsenverloop van het freatisch water in het bodem-beschermingsgebied De Groote Beerze	24
3	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwater-stroming langs transect A1-A2 van het bodembescher-mingsgebied De Groote Beerze	34
4	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwater-stroming langs transect B1-B2 van het bodembescher-mingsgebied De Groote Beerze	35
5	Isohypsenverloop van het freatisch water in het bodem-beschermingsgebied De Turfvaart	40
6	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwater-stroming langs transect A1-A2 van het bodembescher-mingsgebied De Turfvaart	48
7	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwater-stroming langs transect B1-B2 van het bodembescher-mingsgebied De Turfvaart	49
8	Isohypsenverloop van het freatisch water in het bodem-beschermingsgebied Het Merkske	54
9	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwater-stroming langs transect A1-A2 van het bodembescher-mingsgebied Het Merkske	62

10	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B1-B2 van het bodembeschermingsgebied Het Merkske	63
11	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect C1-C2 van het bodembeschermingsgebied Het Merkske	64
12	Isohypsenverloop van het freatisch water in het bodembeschermingsgebied De Brand	68
13	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect A1-A2 van het bodembeschermingsgebied De Brand	76
14	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B1-B2 van het bodembeschermingsgebied De Brand	77
15	De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect C1-C2 van het bodembeschermingsgebied De Brand	78

#### AANHANGSELS

1	Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio De Groote Beerze	83
2	Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio De Turfvaart	85
3	Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio Het Merkske	87
4	Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio De Brand	89
5	Waarden voor de nitraatuitspoeling voor verschillende niveaus van de minerale stikstofbemesting volgens de vuistregel van Kolenbrander (1981). De gegeven waarden gelden voor grasland of bouwland op zandgronden	91

## VOORWOORD

Het hier beschreven onderzoek naar de omvang en ligging van bufferzones tegen nitraatinspoeling voor een viertal beekdalen in Noord-Brabant is uitgevoerd in opdracht van, en in samenwerking met de Provincie Noord-Brabant. Vanuit de Provincie was de heer B. van Geleuken tijdelijk gedetacheerd bij het Staring Centrum om assistentie voor dit onderzoek te verlenen. Binnen het Staring Centrum is verder dankbaar gebruik gemaakt van de hulp en adviezen van de heren D. Slothouwer, P. van Walsum en P. Groenendijk.

Voor het onderzoek zijn financiële middelen beschikbaar gesteld door de Provincie Noord-Brabant.



## SAMENVATTING

In het kader van de regeling bodembeschermingsgebieden is in opdracht van de provincie Noord-Brabant door het ICW een eenvoudige methodiek ontwikkeld voor het aanwijzen van bufferzones rond beekdalen in Brabant (Adriaanse en Kemmers, 1988; Van Dort en Kemmers, 1988).

Volgens deze methodiek zijn richtlijnen voor het aanwijzen van bufferzones bepaald voor een viertal beekdalen in Brabant te weten gebieden rond de beken de Groote Beerze, de Turfvaart, het Merkske en de Brand.

Per gebied is steeds dezelfde werkwijze gevolgd.

Als eerste wordt de nitraatuitspoeling naar het diepe grondwater bepaald. Hiertoe wordt het model SLAPP toegepast. Met de CBS-gegevens betreffende het bodemgebruik en de omvang van de mestproduktie als invoer worden met SLAPP de bemestingsniveaus voor de verschillende vormen van bodemgebruik bepaald. Op basis hiervan wordt met een eenvoudige rekenregel de nitraatuitspoeling naar het diepe grondwater bepaald waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen mais, droog (Gt V-VII) en nat (Gt I-III) grasland. De denitrificatiecapaciteit van de ondergrond, die afhankelijk is van de zuurgraad en het organische-stofgehalte in de ondergrond en dus per gebied kan verschillen, bepaalt de snelheid waarmee het uitgespoelde nitraat wordt afgebroken.

Door de uitgespoelde hoeveelheid nitraat te relateren aan de denitrificatiecapaciteit wordt de verblijftijd bepaald die nodig is voor volledige afbraak van het uitgespoelde nitraat.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de benodigde verblijftijden, in relatie tot het bodemgebruik en de grondwatertrap, voor de vier gebieden.

Tabel 1 Benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat in relatie tot het bodemgebruik en de grondwatertrap.

Bodemgebruik (Grondwatertrap)	Verblijftijd (jaar)			
	Turfvaart	Groote Beerze	Merkske	Brand
Gras (I, II, III)	3	1	1	1
Gras (V, VI, VII)	6	2	2	3
Mais (V, VI, VII)	6	2	1	2

Vervolgens wordt voor een aantal doorsneden door het gebied (transsecten), waarvan de ligging samenvalt met de stromingsrichting van het grondwater richting beek, m.b.v. een aantal rekenregels de verdeling van het neerslagoverschot bepaald over het slotenstelsel (3e orde flux), het bekenstelsel (2e orde flux) en de ondergrond (kwel/wegzijging, 1e orde flux).

Deze fluxenverdeling alsmede een geohydrologische schematisatie van het afdekkend pakket van het doorsneden gebied vormen invoergegevens voor het model STRELIN. Met dit model wordt de regionale grondwaterstroming langs de transsecten gesimuleerd.

Uit de resultaten van deze simulatie worden transportfuncties van het grondwater afgeleid waarmee, voor een bepaalde verblijftijd, de afgelegde transportafstand (Y) berekend wordt afhankelijk van de plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding dan wel als afstand tot de beek.

Voor de gebieden rond de beken de Groote Beerze, de Turfvaart en het Merkske zijn transportfuncties bepaald waarbij de plaats van infiltratie opgegeven wordt als afstand tot de waterscheiding. De functie luidt dan:

$$Y(t) = a(t) * L$$

waar: Y(t) de horizontaal afgelegde transportafstand in een periode van t jaar (m)

a(t) gebieds- en tijdsafhankelijke parameter (-)

L plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding (m)

Voor het gebied rond de beek de Brand zijn, vanwege de geringe regionale drainerende werking van de beek, transportfuncties bepaald waarbij de plaats van infiltratie opgegeven wordt als afstand tot de beek, de functie luidt dan:

$$Y(t) = b(t) * X + c(t)$$

waar: Y(t) de horizontaal afgelegde transportafstand in een periode van t jaar (m)

b(t), c(t) gebieds- en tijdsafhankelijke parameters (-)

X plaats van infiltratie als afstand tot de beek (m)

De tijdsperioden waarvoor de gebiedsparameters a, b en c bepaald zijn, komen overeen met de benodigde verblijftijden voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de bepaalde parameters van de vier gebieden. Hierbij wordt opgemerkt dat het stroomgebied rond het Merkske is opgesplitst in twee subgebieden A en B. In subgebied A zijn de afgelegde transportafstanden groter vanwege een grotere dichtheid van het bekenstelsel in vergelijking tot subgebied B.

Tabel 2 Overzicht van de gebiedsparameters a, b en c voor de verschillende verblijftijden, per gebied.

Verblijftijd	Gebiedsparameter (-)					
	Groote Beerze	Turfvaart	Merkske (A)	Merkske (B)	Brand	
	a	a	a	a	b	c
1 jaar	-	0,020	0,030	0,018	-0,061	22,8
2 jaar	-	0,039	0,061	0,032	-0,109	46,7
3 jaar	0,117	-	-	-	-0,131	53,0
6 jaar	0,356	-	-	-	-	-

Met behulp van de gegevens uit tabel 1 en de bijbehorende transportfuncties worden de bufferzones "in het veld" bepaald.

# 1 INLEIDING

In het kader van de Regeling Bodembeschermingsgebieden is in opdracht van de provincie Noord-Brabant door het ICW een methodiek ontwikkeld voor het aanwijzen van bufferzones rond beekdalen in Noord-Brabant (Adriaanse en Kemmers, 1988). Deze buffers hebben als functie natuurwetenschappelijk waardevolle gebieden te beschermen tegen invloeden van buitenaf. Met name richt de methodiek zich op het afschermen van de toevoer van nitraat via het grondwater vanuit hoger gelegen zwaarbemeste landbouwgronden. Over processen van fosfaat in relatie tot uitspoeling is nog onvoldoende bekend, zodat is afgezien van integratie van de fosfaatproblematiek in de methodiek. In het kader van de regeling Fosfaatverzadigde gronden wordt deze problematiek door anderen onderzocht.

De methodiek werd ontwikkeld in een enkele case study in Midden-Brabant. In dat studiegebied werden met de methode concrete grenzen voor nitraatbuffers aangegeven. Hiertoe was vooralsnog een veelheid aan invoergegevens nodig ten behoeve van rekenmodellen die deel uit maken van de oorspronkelijke methodiek. De methodiek was hierdoor nog niet eenvoudig toepasbaar.

Met de ontwikkelde methodiek konden voor het studiegebied echter een aantal vereenvoudigde relaties tussen invoergegevens en modeluitkomsten (zgn. "vuistregels") worden afgeleid. Dit bood perspectief voor een vereenvoudiging van de methodiek waardoor de toepasbaarheid zou kunnen worden vergroot.

Ook bij het ministerie van VROM bestond belangstelling voor een eenvoudige methode voor het bepalen van bufferzones, die een zodanige algemene geldigheid zou moeten hebben dat deze landelijk toepasbaar zou zijn (althans in het pleistocene deel).

In opdracht van de provincie Noord-Brabant en VROM is onderzocht wat de mogelijkheden en onmogelijkheden van een vereenvoudiging van de methode zijn (Van Dort en Kemmers, 1988).

De resultaten van dit onderzoek leverde een gedeeltelijk vereenvoudigde methode op waarbij het aantal benodigde invoergegevens alsmede de benodigde rekenmodellen beperkt zijn.

Met behulp van deze vereenvoudigde methodiek zijn nu voor een viertal bodembeschermingsgebieden in Noord-Brabant richtlijnen vastgesteld voor het vaststellen van bufferzones rond beekdalen. Het betreft de regio's de Groote Beerze, de Turfvaart, het Merkske en De Brand (fig. 1).

De methode die daarbij is gevolgd, wordt slechts globaal besproken in hoofdstuk 2, daar de gevolgde methodiek reeds uitgebreid besproken is (Adriaanse en Kemmers, 1988; Van Dort en Kemmers, 1988). In deze rapportage wordt de nadruk gelegd op de gebruikte invoergegevens en de resultaten van de berekeningen.

Per regio wordt een overzicht van de relevante gebiedsspecifieke gegevens verstrekt, gevolgd door een overzicht van de (model)-berekeningen, de daarvoor gebruikte invoergegevens en de verkre-

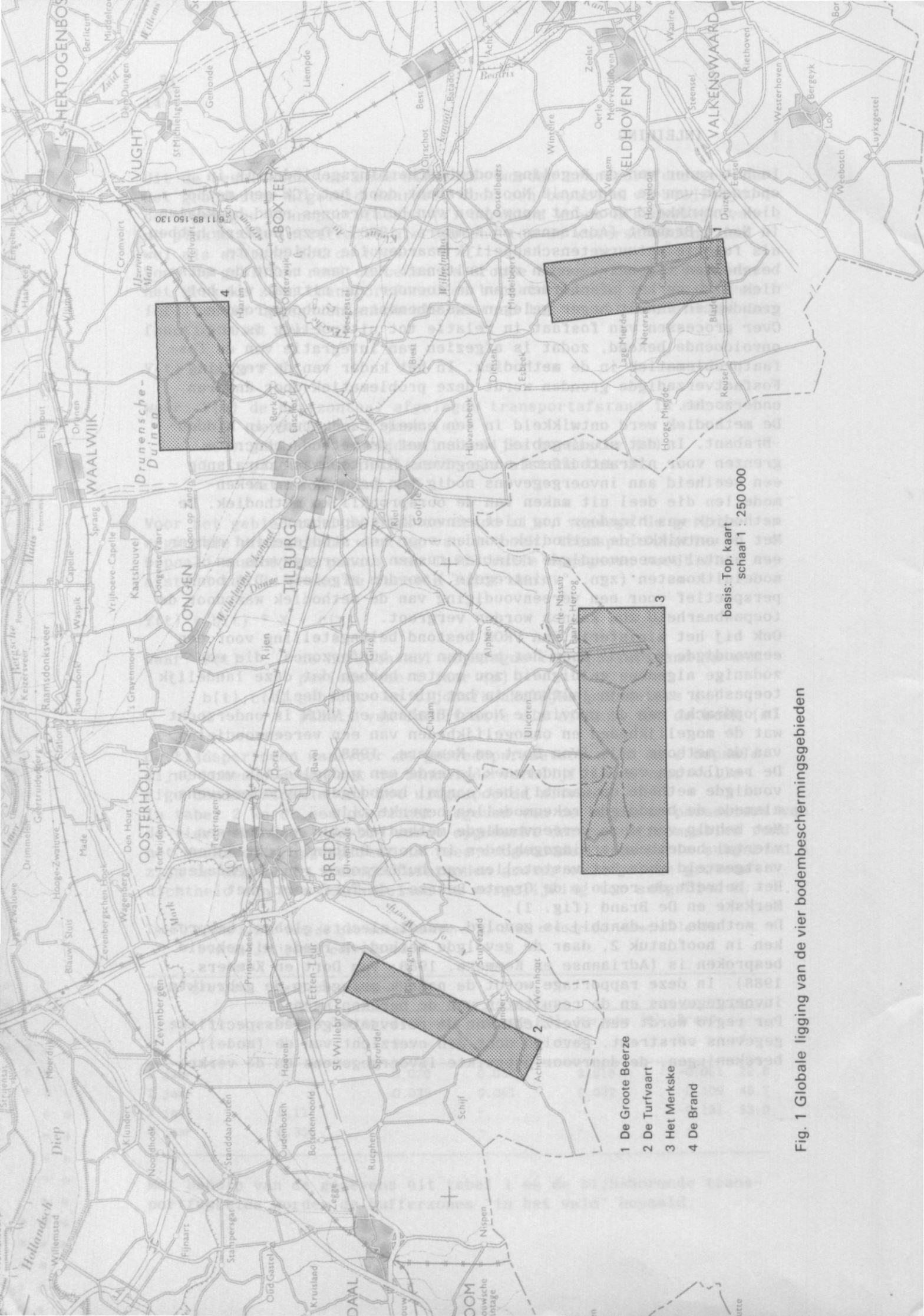


Fig. 1 Globale ligging van de vier bodembeschermingsgebieden



gen resultaten. Bij de bespreking van de regio de Groote Beerze (hoofdstuk 3) zijn, voor de volledigheid sommige relevante uitgangspunten c.q. opties voor bepaalde berekeningen nogmaals vermeld. Om te veel herhaling te voorkomen wordt bij de bespreking van de overige regio's daar waar nodig weer verwezen naar uitleg zoals die gegeven is in hoofdstuk 3.

De uiteindelijke richtlijnen bestaan uit nomogrammen en figuren met behulp waarvan de grenzen van de bufferzones (in het veld) vastgelegd kunnen worden.



## 2 ALGEMENE OPZET

De essentie van de methodiek komt neer op een geohydrologische en waterhuishoudkundige schematisatie van transsecten welke de stroomrichting van het grondwater vanaf de waterscheiding naar het beekdal volgen. Het transsect doorsnijdt verschillende gebieden die onderling van elkaar verschillen wat betreft grondwatertrap en/of bodemgebruik. Deze onderverdeling van de transsecten in simulatie-eenheden, op basis van bodemgebruik en grondwatertrap, vormt de basis voor de berekeningen t.a.v. de lokale waterhuishouding. Met behulp van vuistregels, afgeleid t.b.v. de lokale waterhuishouding, worden waterbalansberekeningen uitgevoerd per simulatie-eenheid met als resultaat de drainagefluxen naar de verschillende orden drainagestelsels en de aquifer c.q. aquiclude. Deze fluxen worden als invoergegevens voor het grondwaterstroommodel STRELIN gebruikt. STRELIN berekent stroombanen en reistijden in een tweedimensionale dwarsdoorsnede van het landschap volgens het gekozen transsect.

De belasting van het grondwater met nitraat is afhankelijk van de grootte van de mestgift voor de verschillende vormen van bodemgebruik en de waterhuishoudkundige situatie.

Op basis van CBS-gegevens over de omvang van de mestproduktie en het grondgebruik wordt, m.b.v. het optimalisatiemodel SLAPP de stikstofbelasting voor de verschillende vormen van grondgebruik bepaald. De uitspoeling van het nitraat naar het grondwater, afhankelijk van grondgebruik en waterhuishoudkundige toestand, wordt berekend m.b.v. daarvoor afgeleide vuistregels.

Het uitgespoelde nitraat wordt langs de stroomlijnen van STRELIN getransporteerd naar het beekdal. Afhankelijk van de te berekenen mate van denitrificatie tijdens het transport zal meer of minder nitraat het beekdal bereiken. De snelheid van denitrificatie (die gelijk is aan de denitrificatiecapaciteit) wordt gekoppeld aan de reistijd van het grondwater.

De breedte van de bufferzone is gebaseerd op de tijd die benodigd is om de nitraatbelasting van het grondwater via denitrificatie te laten reduceren tot voor natuur aanvaardbare normen. Deze benodigde denitrificatie periode (x-jaar) wordt geëxtrapoleerd naar het x-jaars intrekgebied langs het beekdal, dat aangeeft binnen hoeveel jaar het ter plaatse geïnfilterde water het beekdal bereikt zal hebben. Voor een uitgebreide beschrijving van de werkwijze wordt verwezen naar Van Dort en Kemmers (1988) en Adriaanse en Kemmers (1988).



### 3 REGIO DE GROOTE BEERZE

#### 3.1 Gebiedsbeschrijving

##### 3.1.1 Topografie

Het gebied is gelegen ter weerszijden van de beken de Groote Beerze en het Wagenbroeks Loopje tussen Hapert en Westelbeers (fig. 2). Het hoogteverschil vanaf de waterscheiding tot de beken bedraagt ca. 4-5 meter over een afstand van 700-1600 m. Het beekdalkarakter van dit gebied blijkt duidelijk uit de bodemkaart (Stiboka, kaartblad 51 West, 1984) waar het patroon van waterlopen duidelijk te herkennen is. De lager gelegen gronden direct langs de beken bestaan voornamelijk uit Gooreerd- (Gt III), Lage Enkeerd (Gt III\*) en Moerige Beekdal- (Gt II) gronden. Op de hoger gelegen delen worden voornamelijk Veldpodzol- (Gt V, V\* en VI), Hoge Zwarte Enkeerd- (Gt VI en VII\*) en Gooreerd- (Gt V) gronden aangetroffen.

##### 3.1.2 Geohydrologie

Volgens de Dienst Grondwaterverkenningen TNO (1975) kunnen de volgende lagen onderscheiden worden:

- De afdekkende laag.  
Deze laag behoort tot de Nuenengroep en is samengesteld uit fijne slihboudende zanden, afgewisseld door dikke klei- en leemlagen. Plaatselijk komen veenafzettingen voor. De afdekkende laag is dun, plaatselijk afwezig, in dikte variërend van 0 tot 5 m.
- Het eerste watervoerend pakket.  
Het eerste watervoerend pakket wordt gevormd door de formaties van Veghel en Sterksel en bestaat voornamelijk uit grofzandige afzettingen met veel grind. De dikte van dit pakket is gering variërend van 2,5 tot 18,5 m. de KD-waarde van dit pakketje bedraagt ca. 300 m<sup>2</sup>/d.
- Eerste scheidende laag.  
De scheidende laag, behorende tot de formaties van Kedichem en Tegelen, bestaat uit een kleipakket met een dikte van 40-50 m, de weerstand van dit pakket bedraagt ca. 2000 dagen.

Er zijn geen duidelijke gegevens over ligging van de diepere lagen in dit gebied.

##### 3.1.3 Bodemgebruik

Basisgegevens ten aanzien van het bodemgebruik zijn ontleend aan gegevens van het CBS. Aan de hand van de metellingen zijn op

gemeentebasis gegevens verzameld over het bodemgebruik. Voor de regio de Groote Beerze is hierbij gebruik gemaakt van de CBS-gegevens van 1988 betreffende de gemeente Bladel en Netersel en de gemeente Hoogeloon c.a. In tabel 3 is een overzicht van de verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik weergegeven.

Tabel 3 Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio de Groote Beerze.

Bodemgebruik	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
Bouwland	649	16
Mais	1243	31
Gras	1924	49
Tuinbouw	148	4
Braak	7	0
Totaal	3971	100

### 3.1.4 Mestproduktie

Op basis CBS gegevens over 1988 van beide gemeenten is het totaal aantal dieren per diersoort bepaald. Voor de hoeveelheid geproduceerde mest per diersoort en de gehalten van de verschillende mineralen in de mest is aangesloten bij Wijnands en Luesink (1985) en de gegevens van het Consulentenschap voor Bodem-, Water- en Bemestingszaken in de Veehouderij (1985). Voor mesttransporten naar of vanuit omringende gemeenten is verondersteld dat deze met elkaar in evenwicht zijn. Voor de berekening van de mestproduktie per diersoort en de N, P en K gehalten per mesttype zijn de gegevens in tabel 4 als uitgangspunt gekozen. Bemestingsniveaus worden bepaald via het optimalisatiemodel SLAPP (zie par. 3.2.1). Met dit model worden de hoeveelheden geproduceerde mest toegewezen aan de verschillende vormen van bodemgebruik.

Tabel 4 Aantal dieren in de regio de Groote Beerze, mestproduktie per dier en de percentages N, P en K per ton mest. De veedichtheid is aangegeven in GVE's per hectare grasland.

Diersoort	Aantal	Mestproduktie kg/dier.jr	N	P (%)	K	Mesttype
GVE	8 711	20 000	0,44	0,18	0,50	RDM
Mestkalveren	199	3 000	0,30	0,13	0,25	KDM
Riggen	57 310	360	0,55	0,47	0,50	MDM
Mestvarkens	55 102	1 600	0,55	0,47	0,50	MDM
Fokvarkens	16 986	3 200	0,39	0,37	0,65	FDM
Leghennen	755 610	30	2,40	2,50	1,90	PLV
Slachtkuikens	240 500	7	2,40	2,50	1,90	PLV
GVE/ha. gras	4,53					

### 3.1.5 Denitrificatiecapaciteit

Tijdens het transport door de verzadigde zone van de watervoevende lagen kan het opgeloste nitraat worden afgebroken als gevolg van denitrificatie. De denitrificatiecapaciteit van de doorstroomde pakketten is bepalend voor de mate waarin nitraat kan worden afgebroken. In aansluiting op eerder onderzoek in de regio Nuenen (Adriaanse en Kemmers, 1988) is ervoor gekozen de denitrificatiecapaciteit afhankelijk te stellen van de zuurgraad, het percentage organische stof en een maximale denitrificatiecapaciteit van 260 kg N per gewichtsprocent organische stof bij 10 graden celsius en een pH van 7 volgens het verband (Steenvoorden, 1983):

$$D = 260 \times C(\text{om}) \times F(\text{pH}) \quad (1)$$

waarbij  $D$  = denitrificatiecapaciteit (kg/ha.m.jr.)

$C(\text{om})$  = gewichtspercentage organische stof

$F(\text{pH})$  = reductiefactor voor de zuurgraad (0-1)

Voor de bepaling van de zuurgraad en het organisch stofgehalte zijn geen gegevens uit groter diepten voorhanden. Daarom is uitgegaan van de organische stofgehalten en de pH-KCL waarden in de C-horizonten die werden bemonsterd bij de bodemkartering van de kaartbladen 51 West en 50 Oost (1 : 50 000). Met behulp van de pH-KCL kan de zuurgraad bepaald worden volgens:

$$\text{pH} = 0,6774 \times \text{pH-KCL} + 2,352 \quad (2)$$

(Ongepubliceerde gegevens, Kemmers, Staring Centrum, Wageningen).

Uit deze gegevens is het gemiddelde organische-stofgehalte bepaald op 0,2% (st. dev. 0,2, n=6). De gemiddelde zuurgraad bedraagt 5,6 (st. dev. 0,3, n=6).

De denitrificatiecapaciteit kan nu berekend worden volgens vergelijking 2, het resultaat staat in tabel 5.

Tabel 5 Denitrificatiecapaciteit voor de regio de Groote Beerze afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

Organische-stofgehalte (%)	pH	Reductiefactor voor zuurgraad (-)	Denitrificatie capaciteit (kg N/ha.jr.m)
0,2	5,6	0,57	30
0,2	5,3	0,42	22
0,2	5,9	0,70	36
0,0	5,6	0,57	0
0,0	5,3	0,42	0
0,0	5,9	0,70	0
0,4	5,6	0,57	54
0,4	5,3	0,42	44
0,4	5,9	0,70	73



Fig. 2 Isohyphenverloop van het freatisch water in het bodembeschermingsgebied De Groote Beerze

————— stijghoogte freatisch water  
 ————— stromingsrichting ondiepe grondwater  
 ————— waterscheiding

————— grens bodembeschermingsgebied  
 A1 — A2 transect a  
 B1 — B2 transect b

basis: Top kaart  
 51 West en  
 57 West  
 schaal 1 : 50 000



De spreiding in de denitrificatiecapaciteit is groot als gevolg van de ruimtelijke variabiliteit van het organische-stofgehalte en de zuurgraad. Als berekeningsgrondslag voor de breedte van bufferzones is gekozen voor de gebiedsgemiddelde waarde van de denitrificatiecapaciteit van 30 kg/ha.jr.m.

### 3.1.6 Ligging van de transsecten

De ligging van de transsecten is weergegeven in fig. 2. Als criterium geldt dat tweede orde waterlopen op basis van het zomer-isohypsenpatroon een drainerende werking hebben.

Op basis van dit criterium kan volgens de isohypsenkaart (schaal 1 : 10 000) alleen de Groote Beerze tot een tweede orde waterloop gerekend worden. Het oplossend vermogen van de isohypsenkaart is vanwege de schaal gering. Na oriënterend veldbezoek bleek dat het Wagenbroeks loopje alsmede twee zijtakken van de Groote Beerze ook na een periode van droogte watervoerend zijn als gevolg van kwel. Tevens is de ligging van deze waterlopen op de bodemkaart duidelijk te herkennen wat er op wijst dat deze waterlopen een mate van langdurige invloed op de bodemvorming hebben.

Op grond van deze aanvullende gegevens zijn daarom het Wagenbroeks loopje alsmede de twee in fig. 2 weergegeven zijtakken van de Groote Beerze tot tweede orde waterlopen gerekend. In de figuur zijn tevens de waterscheidingen en de stromingsrichtingen van het ondiepe grondwater aangegeven.

## 3.2 (Model)berekeningen

### 3.2.1 Mesttoedeling

Om de hoeveelheid geproduceerde mest en de verdeling daarvan over de verschillende vormen van bodemgebruik te bepalen is het rekenprogramma "SLAPP" (SLurry APplication) gebruikt voor het genereren van bemestingsscenario's (Van Walsum, 1988). De rekenmethode kan rekening houden met zowel beperkingen (bijv. P-normering) als preferenties (voorkeur voor mestsoorten op vormen van bodemgebruik). Het probleem van het vinden van een bemestingsscenario dat voldoet aan een set opgelegde beperkingen is vertaald naar een optimaliseringsprobleem. Voor het opstellen van bemestingsscenario's moeten gebiedsspecifieke gegevens worden ingevoerd. Te kiezen uitgangspunten en opties kunnen nader worden gespecificeerd. De belangrijkste uitgangspunten en opties zijn:

- Bij het in overeenstemming brengen van de totale productie van mest met de hoeveelheid die binnen de opgelegde beperkingen op het land kan worden uitgereden wordt gestreefd naar een zo groot mogelijke mestafzet. Indien er een mestoverschot ontstaat zijn er drie scenario's voor het terugbrengen van het mestoverschot. In het rekenmodel wordt daartoe een reductie van het aantal dieren verondersteld:

- scenario 1; Afvoer van mest afkomstig van de niet grondgebonden activiteiten. Hiertoe wordt in het rekenmodel de intensieve veehouderij met een factor gereduceerd zodat de hoeveelheid geproduceerde mest nog net kan worden afgezet. Als na volledige reductie nog te veel mest wordt geproduceerd kan ook de veebezetting op grasland worden gereduceerd.
- scenario 2; Als scenario 1 maar dan met eerst een reductie van de veebezetting op grasland.
- scenario 3; Simultane reductie.

In dit onderzoek is het eerste scenario als uitgangspunt gekozen.

- Voor toediening van dierlijke mest worden twee tijdstippen onderscheiden, te weten voorjaar en najaar. In het najaar kan desgewenst een uitrijverbod worden opgelegd. Zonder uitrijverbod zijn voorjaars- en najaarstoedieningen gelijk. Rundveemest wordt hiervan uitgezonderd. Voor wat betreft de productie tijdens het weideseizoen wordt aangenomen dat deze altijd op grasland wordt gedeponeerd.
- De effectieve, via dierlijke mest aan de bodem toegediende, hoeveelheid stikstof wordt berekend met behulp van de zgn. werkingscoëfficiënten. Aan stikstof in de mest die tijdens de weideperiode op gras terechtkomt wordt een werkingscoëfficiënt van 0 toegekend.
- De gewassen krijgen minimaal een basistoediening van kunstmest. Deze basistoediening is te specificeren. In dit onderzoek varieert deze toediening voor grasland tussen 145-360 kg/ha kunstmest-N bij 2 resp. 4 GVE/ha gras. Voor mais wordt een minimumgift van 50 kg/ha kunstmest-N aangehouden.
- Indien als gevolg van beperkingen bij de toediening van dierlijke mest een tekort aan stikstof dreigt te ontstaan voor een optimale gewasproductie, wordt dit vermeden door extra kunstmest toe te dienen. Aan de totale hoeveelheid kunstmest-N is in deze studie een maximum gesteld van 425 kg/ha.
- De effectieve toediening van stikstof op bouwland wordt geacht overeenkomstig te zijn met de voor gewasgroei optimale hoeveelheid. Voor meerjarige teelten is 200 kg N, voor vollegrondstuinbouw 250 kg N en voor granen 66 kg N aangehouden.
- De effectieve toediening van stikstof bij mais is onderworpen aan een bovengrens die geacht wordt representatief te zijn voor overdosering. Optimaal 250 kg N, maximaal 850 kg N.
- De stikstoftoediening op grasland is gekoppeld aan de veebezetting. De in deze studie gebruikte relatie kent een bruto effectieve stikstof behoefte voor grasland van 600 resp. 240 kg N/ha bij 4 resp. 2 GVE/ha grasland, zie ook (Van Dort en Kemmers, 1988).
- Aan de toediening van kalium en fosfaat in dierlijke mest kan een maximum worden opgelegd (bijv. fosfaatnormering).
- Aan toevoeging van stikstof via dierlijke mest is een limiet gesteld in verband met kopziekte. Deze limiet is gebaseerd op het equivalent van 418 kg kalium. Deze kaliumnorm is gebaseerd op de hoeveelheid mest die zowel in de stalperiode als in de weideperiode wordt geproduceerd.

### 3.2.1.1 Bemestingsniveaus

Voor het berekenen van de huidige en toekomstige bemestingsniveaus is met het model SLAPP scenario 1 doorgerekend, gebaseerd op de in de vorige paragraaf geformuleerde uitgangspunten. Voor de huidige bemestingsniveaus is uitgegaan van CBS cijfers voor 1988. De eerste fase van de fosfaatsnormering wordt geacht van toepassing te zijn (zie tabel 6).

Tabel 6 Hoeveelheden dierlijke mest uitgedrukt in kg P die in de 4 fasen volgens het Besluit gebruik dierlijke meststoffen mogen worden toegediend afhankelijk van het bodemgebruik.

Fase	Periode	Kg P/ha.jr		
		bouwland	snijmais	grasland
P1	1987-1990	125	350	250
P2	1991-1994	125	250	200
P3	1995-1998	125	175	175
P4	na 1998	70	75	110

Om het effect van de eerste fase zichtbaar te maken is tevens de situatie weergegeven als waren er geen beperkingen (P0). Voor het toekomstscenario zijn de volgende fasen van de fosfaatsnormering aangehouden met inachtneming van een uitrijverbod voor de najaarsperiode. De arealen van de verschillende vormen van bodemgebruik worden geacht gelijk te blijven. De resultaten van de SLAPP-berekeningen zoals hierboven beschreven staan in tabel 7.

Tabel 7 Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiksvorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaatsnormering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot.

Bodemgebruik	Kg/ha.jr N		
	kunstmest-N	Dierlijke mest-N	Totaal-N
GRAS			
P0	425	410	835
P1	425	389	814
P2	425	387	812
P3	425	377	802
P4	425	269	694
MAIS			
P0	50	1012	1062
P1	50	528	578
P2	50	351	401
P3	64	245	309
P4	113	183	296
BOUWLAND			
P0	70	115	185
P1	70	112	182
P2	70	112	182
P3	70	112	182
P4	88	90	178

### 3.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie

Op basis van de in de bemestingstoedelingsscenario's bepaalde hoeveelheden kunstmest-N en dierlijke-N kunnen de minerale stikstofhoeveelheden bepaald worden op basis van de volgende uitgangspunten (zie ook Steenvoorden, 1983 en Adriaanse en Kemmers, 1988):

- Voor zover er sprake is van kunstmest kan alle stikstof worden beschouwd als minerale stikstof.
- Van de stikstof in dierlijke meststoffen bestaat weliswaar de helft uit minerale bestanddelen maar hiervan vervluchtigt ongeveer 20% in geval van bouwland en 30% in geval van grasland in de vorm van ammoniak. Van de overgebleven stikstof in de dierlijke mest komt ca. 75% in de loop van het eerste jaar beschikbaar als minerale stikstof. Bij bouwland is dit dus 67,5% bij grasland 63,8% van de totale hoeveelheid dierlijke mest.
- Uit simulaties met ANIMO bleek dat indien bij mestgiften de verhouding tussen kunstmest-N en dierlijke-N groter dan 1 is er een versterkte uitspoeling van nitraat optreedt. Uit de gegevens van Steenvoorden (1983) blijkt dat de uitspoeling van nitraat bij uitsluitend kunstmest gebruik ongeveer twee maal zo hoog is als wanneer een combinatie van kunstmest en dierlijke mest wordt gegeven. In de berekeningen van de minerale stikstof wordt dit effect meegenomen door het surplus aan kunstmest-N dubbel te tellen.
- Er wordt rekening gehouden met een N-bemesting door atmosferische depositie van 44 kg/ha.jr.

De minerale stikstof wordt nu op basis van bovenstaande uitgangspunten als volgt berekend:

$$\text{grasland: } N\text{-min} = N\text{-atm} + KM + 0,75(DM - 0,3(0,5DM)) + \text{surpl-KM} \quad (3)$$

$$\text{bouwland: } N\text{-min} = N\text{-atm} + KM + 0,75(DM - 0,2(0,5DM)) + \text{surpl-KM} \quad (4)$$

De door Kolenbrander (1981) gevonden vuistregel voor de relatie tussen minerale N-bemesting en de nitraatuitspoeling is gegeven in aanhangsel 5. De uitspoelingscijfers van Kolenbrander gaan uit van uitspoeling bij een referentie GHG diepte van 1 m. min maai-veld (m - mv.). Om nu de uitspoelingscijfers per grondwatertrap te bepalen dienen deze cijfers gecorrigeerd te worden afhankelijk van de GHG. Steenvoorden (1983) geeft GHG-afhankelijke correctiefactoren voor het omrekenen naar de gewenste GHG.

Voor de categorie graslanden met een GT V, VI en VII en de categorie mais met GT V, VI en VII, waarvoor een gemiddelde GHG van 0,90 m-mv is aangehouden, is daartoe een correctiefactor van 0,7 toegepast. Voor de categorie graslanden met een GT I, II en III, waarvoor een gemiddelde GHG van 0,20 m - mv. is aangehouden, is een correctiefactor van 0,1 toegepast. In tabel 8 worden de resultaten van de berekeningen voor de stikstofuitspoeling gegeven.

Tabel 8 Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie (in kg N/ha.jr) tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering. De stikstofuitspoeling is gecorrigeerd voor de grondwatertrap.

Bodemgebruik	Kg N/ha.jr					
	KM	DM	Surpl.KM	N-atm	N-min	Uitspoeling N
Gras op GT V, VI, VII						
P0	425	410	15	44	745	167
P1	425	389	36	44	752	169
P2	425	387	38	44	753	169
P3	425	377	48	44	757	170
P4	425	269	156	44	738	165
Gras op GT I, II, III						
P0	425	410	15	44	745	75
P1	425	389	36	44	752	75
P2	425	387	38	44	753	75
P3	425	377	48	44	757	76
P4	425	269	156	44	738	80
Mais op GT V, VI, VII						
P0	50	1012	0	44	771	190
P1	50	528	0	44	450	130
P2	50	351	0	44	331	108
P3	64	245	0	44	273	95
P4	113	183	0	44	281	97

Voor het berekenen van de verblijftijd die nodig is voor denitrificatie van het uitgespoelde nitraat zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Het maximaal te verwachten niveau van nitraatuitspoeling in relatie tot het grondgebruik.
- De denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket voor gebiedsgemiddelde waarden voor het organische-stofgehalte en zuurgraad.
- Nitraat moet volledig worden gedenitrificeerd.

De benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat is weergegeven in tabel 9.

Tabel 9 Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Bodemgebruik	Denitrificatie capaciteit kg N/ha.jr.m	Maximale uitspoeling kg N/ha.jr	Benodigde verblijftijd jr
Gras (I, II, III)	30	80	2,7
Gras (V, VI, VII)	30	170	5,7
Mais (V, VI, VII)	30	190	6,3

### 3.3 Lokale waterhuishouding

Voor de berekeningen t.a.v. de lokale waterhuishouding wordt elk transect opgedeeld in simulatie-eenheden op basis van grondwatertrap en bodemgebruik. Per simulatie-eenheid worden achter-eenvolgens het neerslagoverschot, de afvoer via het slotenstelsel (de derde orde flux), het bekenstelsel (de tweede orde flux) en de kwel/wegzijging naar de ondergrond (de eerste orde flux) bepaald volgens de zgn. vuistregels zoals besproken in Van Dort en Kemmers (1988).

In het hiernavolgende worden de gebruikte gegevens en de resultaten besproken.

#### 3.3.1 Invoergegevens

##### **Bepaling van de simulatie-eenheden**

Voor de onderverdeling van de transecten in simulatie-eenheden is gebruik gemaakt van de bodemkaart (Stiboka, kaartblad 51 West, schaal 1 : 50 000, 1984) op basis waarvan de onderverdeling in grondwatertrappen plaatsvindt en de topografische kaart (Topografische Dienst, kaartblad 51 West, schaal 1 : 50 000, 1986) waar de onderverdeling in bodemgebruik op is aangegeven.

##### **Topografie**

Aan de hand van de hoogtepunten kaart (Topografische Dienst, kaartblad 51 West C noord en zuid, 1962) zijn de gemiddelde hoogten per simulatie-eenheid bepaald ter bepaling van de tweede en derde orde drainageniveaus.

##### **Neerslagoverschot**

Voor het bepalen van het neerslagoverschot per simulatie-eenheid is gebruik gemaakt van neerslaggegevens en open waterverdamingsgegevens van het KNMI alsmede de gewasverdamingsfactoren zoals bepaald in Van Dort en Kemmers (1988). Voor wat betreft de neerslag is gebruik gemaakt van gegevens van station Eersel over de periode 1971-1987. Voor de open waterverdamping zijn dezelfde gegevens gebruikt als in de vorige studies nl. de openwaterverdamingsgegevens van station Oudenbosch over dezelfde periode. Voor 1982 zijn de verdampingsgegevens van Gemert gebruikt en voor april t/m december 1987 zijn de referentie verdampingsgegevens van Gilze Rijen gebruikt.

##### **Drainagekarakteristieken**

Als eerste dient er bepaald te worden welke waterlopen tot tweede orde en welke tot derde orde waterlopen geklassificeerd moeten worden.

Op basis van het isohypsenpatroon van het freatisch water, de waterstaatskaart, de bodemkaart en veldwaarnemingen. bleek dat de Groote Beerze, het Wagenbroeks loopje alsmede de twee in fig. 2 weergegeven zijtakken van de Groote Beerze tot tweede orde waterlopen gerekend moeten worden (zie par. 3.1.6). Alle overige

waterlopen worden tot derde orde waterlopen gerekend. Voor het bepalen van de drainagefluxen per simulatie-eenheid dienen de tweede en derde orden drainageweerstand en drainageniveaus bepaald te worden.

De drainageweerstand bestaat uit een horizontale en een radiale weerstand (de verticale weerstand is verwaarloosbaar). Voor het derde orde systeem wordt de radiale drainageweerstand per simulatie-eenheid bepaald als het produkt van de slootafstand per simulatie-eenheid en de slootweerstand per simulatie-eenheid. De horizontale weerstand wordt bepaald volgens Ernst en is meestal verwaarloosbaar. De gemiddelde slootafstand varieert tussende 37 en de 266 m, de radiale weerstand varieert tussen de 1,5 en 2,0 m/d. Voor het tweede orde systeem wordt de radiale weerstand bepaald als het produkt van de gebiedsgemiddelde beekafstand en de gemiddelde beekweerstand. Deze bedragen 1500 m resp. 0,2 m/d, zodat de gebiedsgemiddelde radiale drainageweerstand 300 dagen is. De horizontale weerstand is afhankelijk van de afstand van de simulatie-eenheid tot de beek, de derde orde drainageweerstand, het watervoerend vermogen en de weerstand van het doorstroomde pakket. Voor het watervoerend vermogen van het doorstroomde pakket is 300 m<sup>2</sup>/d aangehouden, voor de weerstand van dit pakket is 25 dagen aangehouden.

De drainageniveaus worden per simulatie-eenheid bepaald. Deze zijn gelijk aan de gemiddelde maaiveldhoogte min het slootpeil (derde orde drainageniveau) resp. beekpeil (tweede orde drainage-niveau) van de beek die de simulatie-eenheid ontwatert.

In tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de drainagekarakteristieken.

Tabel 10 Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio de Groote Beerze.

RES: drainageweerstand; BP: beekpeil; HD: drainageniveau.

Transsect	Drainage-eigenschappen			
	Tweede orde		Derde orde	
	RES2 (etm.)	BP (m + NAP)	RES3 (etm.)	HD (m - mv.)
A1-A2	332-43 300	23,20-24,70	80-430	0,40-1,00
B1-B2	346-51 720	20,70-21,50	86-443	0,40-1,00

Als laatste wordt dan de gemiddelde grondwaterstand bepaald volgens Van Dort en Kemmers (1988) par. 6.2.2.

De tweede resp. derde orde flux wordt dan bepaald volgens: flux = (drainageniveau - gem. grondwaterstand)/drainage weerstand. De kwel of wegzijging per simulatie-eenheid wordt als laatste bepaald als het neerslagoverschot min de som van de tweede en derde orde flux.

### 3.3.2 Resultaten

De resultaten van deze berekeningen, de gemiddelde flux per orde drainagestelsel en het neerslag overschot in mm/d is gegeven in aanhangsel 1.

### 3.4 De regionale waterhuishouding

De regionale waterhuishouding wordt gesimuleerd door het model STRELIN. Een beschrijving van het model en de toepassing in het kader van deze exercitie is reeds beschreven in Groenendijk (1987) en (Adriaanse en Kemmers, 1988). Voor de toepassing van het model dient per transect een geohydrologische schematisatie te worden uitgevoerd. Dit houdt in dat de ondergrond wordt onderverdeeld in lagen die onderling van elkaar verschillen wat betreft de doorlatendheden en/of de porositeiten. De resultaten van deze schematisaties die te samen met de berekende drainagefluxen als invoergegevens voor STRELIN dienen worden hieronder besproken.

#### 3.4.1 Invoergegevens STRELIN

##### **Geohydrologische schematisatie**

Uit de isohypsenpatronen blijkt dat grondwaterstroming naar de beken zowel via het afdekkend pakket als door de eerste watervoerende laag plaats vindt. Voor het afdekkend pakket is een dikte van 2 m aangehouden. Deze laag heeft een horizontale doorlatendheid van 2,0 m/d en een verticale doorlatendheid 0,5 m/d. Voor het watervoerend pakket is een gemiddelde dikte van 6 m aangehouden. Van dit pakket is de horizontale en verticale doorlatendheid 50 m/d. Voor de porositeiten is voor beide lagen 33% aangehouden. De weerstand van de onderliggende slecht doorlatende laag is gesteld op 2000 dagen.

##### **Modelschematisatie**

Bij de modelschematisatie is een netwerk van cellen van 20 bij 2 m over het transect gelegd. Sloten en beken zijn als cellen beschouwd waar het water uit het systeem kan treden. De voor de lokale waterhuishouding berekende drainagefluxen per simulatie-eenheid worden langs de randen van de dwarsdoorsnede ingevoerd. Aan de bovenrand wordt het neerslagoverschot, verdeeld over de verschillende cellen van de simulatie-eenheden, ingevoerd. De derde orde fluxen verlaten de dwarsdoorsnede weer via het slotenstelsel dat aan de bovenrand is ingevoerd. De tweede orde fluxen verlaten de dwarsdoorsnede aan de bovenrand via de beken. De eerste orde fluxen per simulatie-eenheid (kwel c.q. wegzijging) verlaten c.q. komen het systeem in via de onderrand. Het traject wordt aan beide zijden begrensd door een waterscheiding. Dit betekent dat over de zijranden van de dwarsdoorsnede geen waterstroming plaats vindt, m.a.w. de zijrandfluxen zijn nul.



### 3.4.2 Resultaten

#### Stromingspatroon

Het resultaat van de met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming is weergegeven in de fig. 3 en 4.

#### Reistijden en transportafstanden

Uit eerder onderzoek is gebleken dat de horizontaal afgelegde transportafstand van het grondwater richting beek, binnen een bepaalde periode, in sterke mate bepaald wordt door de plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding.

Hiervoor geldt de volgende relatie:

$$Y(t) = a(t) \times L \quad (5)$$

waar:  $Y(t)$  de horizontaal afgelegde transportafstand in een periode van  $t$  jaar (m)

$a(t)$  gebieds en tijdsafhankelijke parameter (-)

$L$  plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding (m)

De periode  $t$  staat gelijk aan de benodigde verblijftijd voor volledige afbraak van het geïnfiltreerde nitraat. Uit par. 3.2.1.2 blijkt dat de benodigde verblijftijd voor volledige afbraak van het nitraat, afhankelijk van het bodemgebruik en de grondwatertrap, 3 of 6 jaar is. Met behulp van STRELIN zijn nu de gebiedsparameters  $a$  voor de verschillende verblijftijden bepaald, het resultaat hiervan staat in tabel 11.

Tabel 11 Gebiedsparameter  $a$  en de standaarddeviatie hierin voor de regio de Groote Beerze voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd.

Verblijftijd	$a$	standaarddeviatie
3 jaar	0,117	0,124
6 jaar	0,356	0,308

De grote spreiding in de  $a$ -waarden is te wijten aan de relatief grote invloed van het eerste en derde orde systeem op de stroombanen vanwege de geringe dikte van het doorstroomde pakket. Deze invloed is ook duidelijk zichtbaar in het stroombeeldenpatroon, zie fig. 3 en 4.

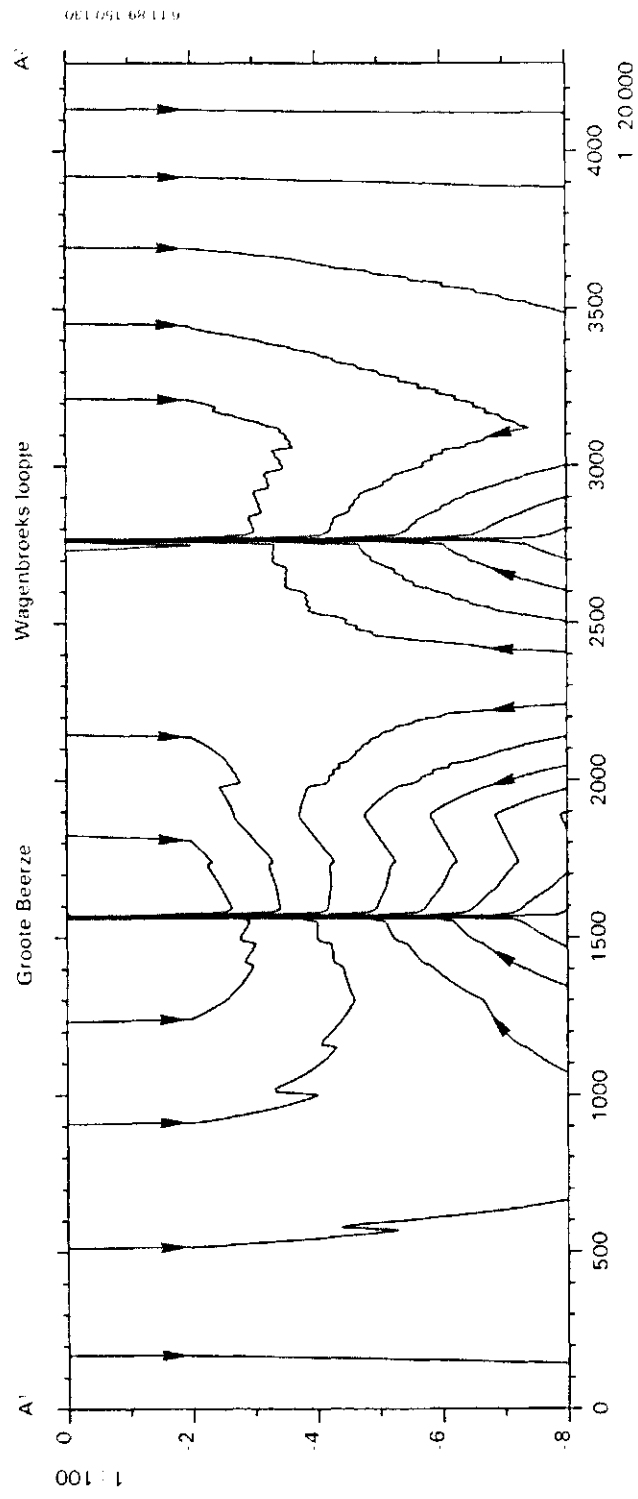


Fig. 3 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect A1-A2 van het bodembeschermingsgebied De Groote Beerze

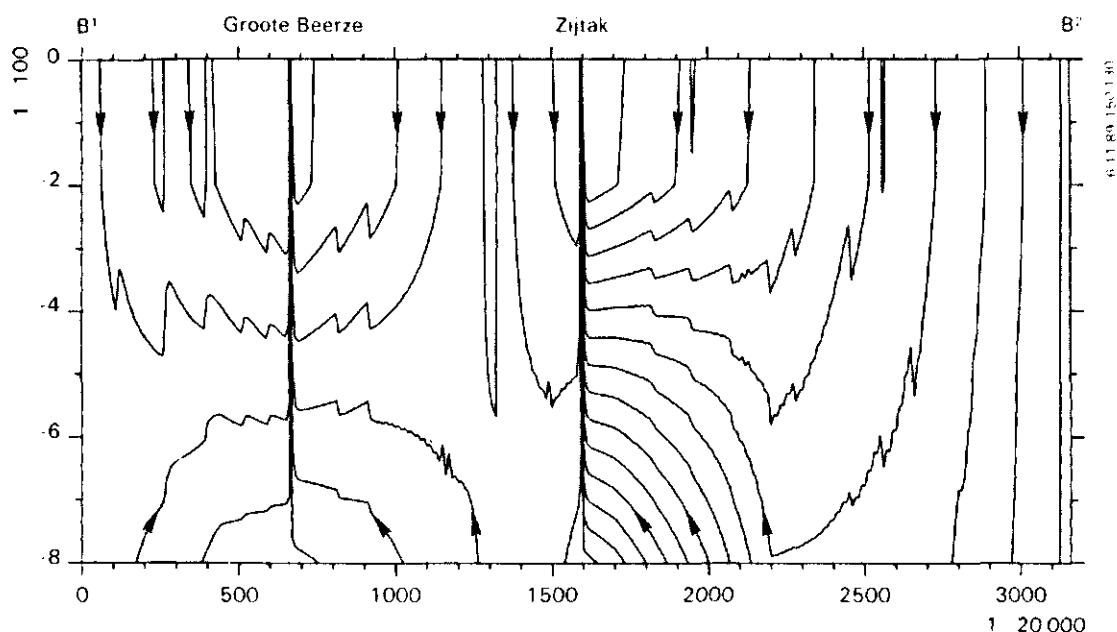


Fig. 4 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B¹-B² van het bodembeschermingsgebied De Groote Beerze

### 3.5 Bufferbreedten

#### 3.5.1 Nomogrammen

De omvang van de bufferzones is afhankelijk van een aantal variabelen waarvan de grootte in de voorgaande paragrafen is vastgesteld.

- het bodemgebruik en de grondwatertrap bovenstroom van het te beschermen gebied;
- de benodigde verblijftijd van het grondwater voor volledige denitrificatie van het ingespoelde nitraat;
- de horizontale transportafstand van het grondwater aangegeven door de gebiedsspecifieke factor "a";
- de afstand tussen het te beschermen gebied en de waterscheiding.

Een wezenlijk probleem is dat een aantal variabelen een spreiding rond een gemiddelde waarde te zien geven als gevolg van heterogeniteit in het gebied. Als gevolg van variatie in zuurgraad en organische-stofgehalte kan de denitrificatiecapaciteit van plaats tot plaats aanzienlijk verschillen. Ook de factor "a" kent een spreiding rond een gemiddelde waarde.

Gegeven de regionale schaal waarop het onderzoek is uitgevoerd is het niet mogelijk lokale waarden van deze variabelen aan te geven. Daarom is besloten om bij het vaststellen van de omvang van de bufferzones uit te gaan van gebiedsgemiddelde waarden.

In tabel 12 zijn bufferbreedten aangegeven afhankelijk van de plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding (L), het bodemgebruik en de grondwatertrap

Tabel 12 Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterscheiding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 30 kg/ha.jr.m.  
Tussen haakjes is de verblijftijd aangegeven die nodig is voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Afstand L (m)	Bufferbreedte (m)		
	mais V-VII (6 jr)	gras V-VII (6 jr)	gras-III (3 jr)
100	36	36	12
200	71	71	23
300	107	107	35
400	142	142	47
500	178	178	59
600	214	214	70
700	249	249	82
800	284	284	94
900	320	320	105
1000	356	356	117

### 3.5.2 Ruimtelijke weergave bufferbreedten

Om de bufferbreedten in de reële veldsituatie vast te stellen moeten de volgende aanvullende gegevens worden verzameld:

- de locatie van de beschermenswaardige gebieden;
- grondgebruik en grondwatertrap bovenstrooms van het te beschermen gebied;
- de afstand (L) tussen de waterscheiding en de grens van het te beschermen gebied, gemeten volgens het verloop van de grondwaterstroming naar het beekdal.

De volgende situaties vragen nadere aandacht:

- in het geval dat door specifieke ligging de afstand tussen grens en waterscheiding varieert, ontstaat een variërende bufferbreedte;
- indien het te beschermen gebied op een waterscheiding is gelegen, is geen bufferzone nodig;
- indien het te beschermen gebied voor toestromend grondwater wordt afgeschermd door een tweede orde drainagesloot, is een bufferzone niet nodig;
- indien de grondwaterstroming van het te beschermen gebied is afgericht, is aan de betreffende zijde geen bufferzone nodig.

Indien natte te beschermen gebieden zijn gelegen in een zone waar het grondwater volgens het stationaire stroomlijnenpatroon onderdoorstroomt, terwijl uit floristische indicaties het optreden van kwel kan worden afgeleid, dan wordt het betreffende gebied toch als een kwelgebied beschouwd.



## 4 REGIO DE TURFVAART

### 4.1 Gebiedsbeschrijving

#### 4.1.1 Topografie

De ligging van het bodembeschermingsgebied is weergegeven in fig. 5. Het gebied ligt ter weerszijde van de Bijloop en de Turfvaart. Beide lopen op de meeste plaatsen parallel waarbij de onderlinge afstand varieert van enkele meters tot ca. 300 m. De bijloop is de oorspronkelijke beek en deze ligt ca. 1 m dieper dan de turfvaart. Het verval vanaf de waterscheiding tot de beek bedraagt op de meeste plaatsen ca. 3-4 m. De lage delen direct langs de beek bestaan uit Zandige Beekdalgronden (Gt II-III) en op een enkele plek uit Moerige Eerdgrond (Gt I). De hogere delen bestaan voornamelijk uit Veldpodzolgronden (Gt III-VII) en hier en daar Moerige Podzolgronden (Gt II-III), (Stiboka, kaartblad 49 Oost en 50 West, 1984).

#### 4.1.2 Geohydrologie

Gegevens voor de beschrijving van de opbouw van de ondergrond zijn ontleend aan (Mulschlegel, 1986). Vanaf het maaiveld tot de hydrologische basis kunnen achtereenvolgens de volgende lagen onderscheiden worden:

- Eerste watervoerende laag.

Dit dunne watervoerende laagje, in dikte variërend van enkele centimeters tot enkele meters, bestaat uit dekzanden, stuifzanden (formatie van Twente) en fluviatiele zanden van de formatie van Kedichem. Het watervoerend vermogen is ca. 10-100 m<sup>2</sup>/d

- Eerste scheidende laag.

Dit pakket bestaat uit een afwisseling van matig fijne, soms leem- en slibhoudende zanden en kleilagen behorende tot de formatie van Kedichem en de fijne afzettingen van de formatie van Tegelen, de dikte van dit pakket bedraagt ca. 40 m, de weerstand 2000-3000 dagen.

- Tweede watervoerende laag.

Tot deze aquifer behoren de grovere afzettingen van de formatie van Tegelen en de formatie van Maassluis die bestaat uit grovere schelphoudende zanden en ingesloten kleilagen, de dikte van laag bedraagt ca. 20 m, het watervoerend vermogen is ca. 600 m<sup>2</sup>/d.

- Derde scheidende laag.

De tweede scheidende laag bestaat uit de fijne afzettingen van de formatie van Oosterhout te weten kleien en slibhoudende-fijnkorrelige zanden. De dikte van deze laag bedraagt ca. 20 m, de weerstand ca. 5000 dagen.

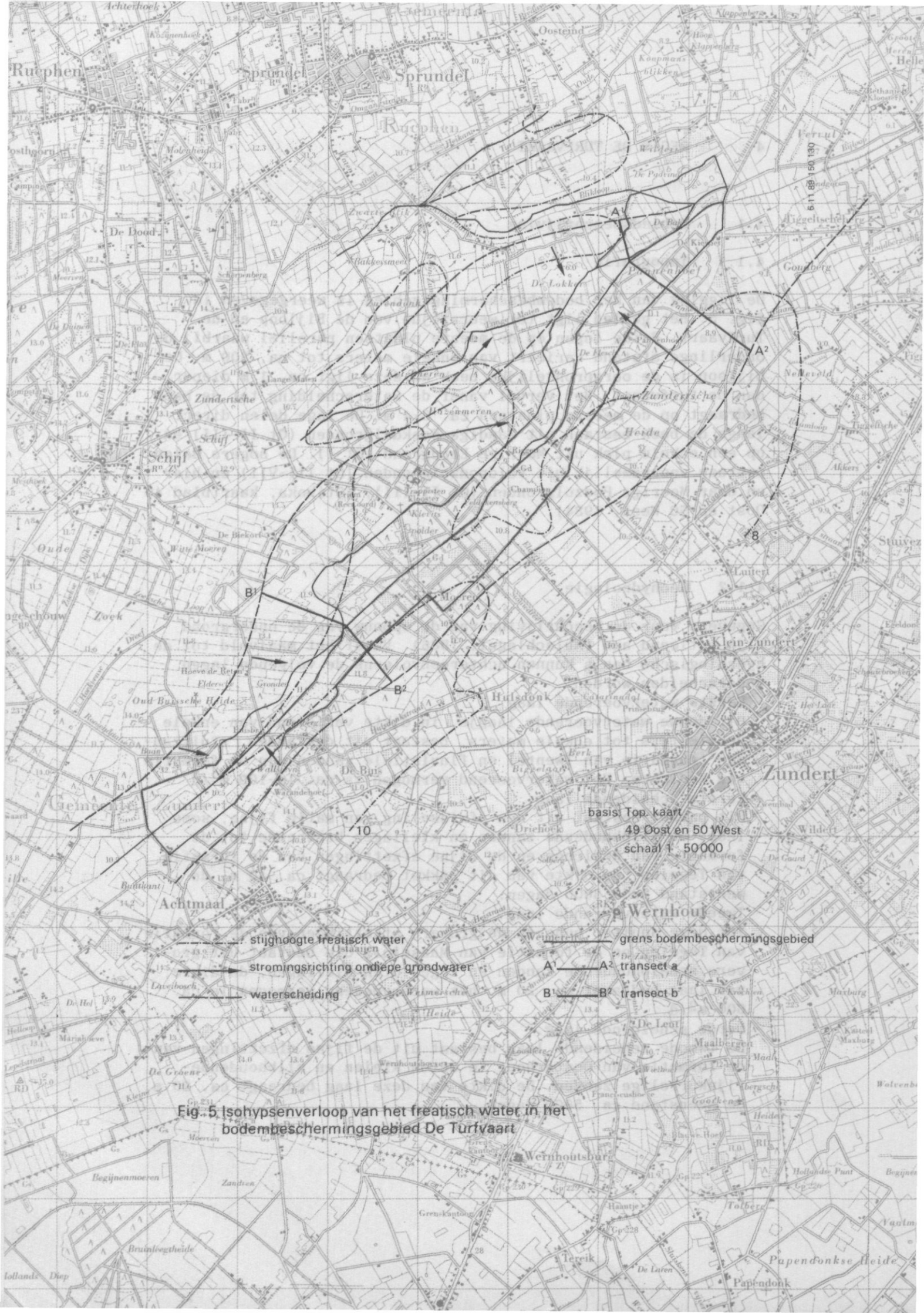


Fig. 5 Isohysenverloop van het freatisch water in het bodembeschermingsgebied De Turfvaart



- Derde watervoerend pakket.

De grovere afzettingen van de formaties van Oosterhout en Breda vormen de tweede watervoerende laag. Het totale pakket is ca. 90 m dik en bestaat uit matig fijne tot grove zanden. het watervoerend vermogen (de kD-waarde) bedraagt ca. 2000 m<sup>2</sup>/d.

- Hydrologische basis.

De hydrologische basis bevindt zich op een diepte van ca. 170 m - mv. en bestaat uit de fijne afzettingen van de formatie van Breda (fijnkorrelige zanden en zandige kleien).

#### 4.1.3 Bodemgebruik

Basisgegevens ten aanzien het bodemgebruik zijn ontleend aan de hand van de metingen van het CBS van 1988 betreffende de gemeenten Zundert en Rijsbergen. Hieruit is een overzicht van de verdeling van de cultuurgrond over de verschillende bodemgebruiksvormen bepaald. Dit overzicht is weergegeven in tabel 13.

Tabel 13 Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio De Turfvaart.

	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
Bouwland	225	3
Mais	1326	16
Gras	4874	57
Tuinbouw	1867	22
Bruak	163	2
Totaal	8454	100

#### 4.1.4 Mestproductie

Op basis van de CBS gegevens over 1988 van de gemeenten Zundert en Rijsbergen is het totaal aantal dieren per soort bepaald. Voor wat betreft de mestproductiecijfers per diersoort en de gehalten aan mineralen N,P en K zijn dezelfde cijfers aangehouden als in voorgaande studies (zie par. 3.1.4). Het resultaat staat in tabel 14.

Tabel 14 Aantal dieren in de regio de Turfvaart, mestproduktie per dier en de percentages N, P en K per ton mest. De veedichtheid is aangegeven in GVE's per ha grasland.

Diersoort	Aantal	Mestproduktie kg/dier.jr	N	P (%)	K	Mesttype
GVE	16 409	20 000	0,44	0,18	0,50	RDM
Mestkalveren	5 410	3 000	0,30	0,13	0,25	KDM
Biggen	27 702	360	0,55	0,47	0,50	MDM
Mestvarkens	56 483	1 600	0,55	0,47	0,50	MDM
Fokvarkens	9 793	3 200	0,39	0,37	0,65	FDM
Leghennen	503 740	30	2,40	2,50	1,90	PLV
Slachtkuikens	349 200	7	2,40	2,50	1,90	PLV
GVE/ha.gras	3,36					

#### 4.1.5 Denitrificatiecapaciteit

Voor de bepaling van de denitrificatiecapaciteit is informatie benodigd betreffende het organische-stofgehalte en de zuurgraad van de ondergrond. Voor wat betreft het organische-stofgehalte is hierbij gebruik gemaakt van organische-stofgehalten zoals deze voor de dekzandlaag en de formatie van Kedichem en Tegelen zijn bepaald t.b.v. een ecohydrologische studie van de Kalmhoutse heide (1981). Hierbij zijn monsters van de ondergrond tot een diepte van 30-35 m genomen. Aan de hand van de analyse van boor-monsters is het organische-stofgehalte bepaald op 0,64% (st. dev. 1,04, n=52). Informatie omtrent de zuurgraad is ontleend aan het Bodemkundig Informatie Systeem van Stiboka waar pH-KCL waarden van C-horizonten zijn opgeslagen die bemonsterd zijn t.b.v. de bodemkartering van de bladen 49 Oost en 50 West (schaal 1 : 50 000). Op basis van deze informatie is de zuurgraad bepaald op 5,5 (st.dev. 0,2, n=10). Met deze cijfers wordt de denitrificatiecapaciteit bepaald volgens de in par. 3.1.5 beschreven uitgangspunten, het resultaat staat in tabel 15.

Tabel 15 Denitrificatiecapaciteit voor de regio De Turfvaart afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

Organische- stofgehalte (%)	pH	Reductiefactor voor zuurgraad (-)	Denitrificatie capaciteit (kg N/ha.jr.m)
0,64	5,5	0,52	87
0,64	5,3	0,43	72
0,64	5,7	0,61	102
0,0	5,5	0,52	0
0,0	5,3	0,43	0
0,0	5,7	0,61	0
1,68	5,5	0,52	227
1,68	5,3	0,43	188
1,68	5,7	0,61	266

De spreiding in de denitrificatiecapaciteit is groot als gevolg van de ruimtelijke variabiliteit van het organische-stofgehalte en de zuurgraad. Als berekeningsgrondslag voor de breedte van bufferzones is gekozen voor de gebiedsgemiddelde waarde van de denitrificatie-capaciteit van 87 kg/ha.jr.m.

#### 4.1.6 Ligging transsecten

De ligging van de transsecten is weergegeven in fig. 5. Uit het isohypsenpatroon van het freatisch water en de waterstaatskaart blijkt duidelijk dat De Turfvaart en De Bijloop, die parallel lopen, de enige twee waterlopen zijn die tot de tweede orde waterlopen gerekend dienen te worden. In de figuur zijn tevens de waterscheidingen en de stromingsrichtingen van het ondiepe grondwater aangegeven.

### 4.2 (Model)berekeningen

#### 4.2.1 Mesttoedeling

Om de hoeveelheid geproduceerde mest en de verdeling daarvan over de verschillende vormen van bodemgebruik te bepalen is het rekenprogramma SLAPP gebruikt voor het genereren van bemestings-scenario's. De hierbij gehanteerde uitgangspunten en opties zijn reeds beschreven in par. 3.2.1.

##### 4.2.1.1 Bemestingsniveaus

De berekeningen met het model SLAPP voor bemestingsscenario 1, op basis van dezelfde uitgangspunten, opties en beperkingen zoals beschreven in par. 3.2.1 en par 3.2.1.1, leiden tot bemestingsniveaus zoals gepresenteerd in tabel 16.

##### 4.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie

De benodigde verblijftijd van het grondwater voor volledige afbraak van het uitgespoelde nitraat is afhankelijk van het uitspoelingsniveau en de denitrificatiecapaciteit. De denitrificatiecapaciteit is reeds bepaald in par. 4.1.5. Volgens de vuistregel van Kolenbrander (1981) is het uitspoelingsniveau te relateren aan hoeveelheid toegediende minerale stikstof. In par. 3.2.1.2 is de methode beschreven volgens welke de minerale stikstofbelasting bepaald wordt (op basis van bodemgebruik, de dierlijke- en de kunstmestgift) alsmede de wijze waaraan hier het uitspoelingsniveau gerelateerd is, de resultaten van deze berekeningen staan in tabel 17.

Tabel 16 Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiksvorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot.

	kg/ha.jr N		
	kunstmest-N	dierlijke mest-N	totaal-N
GRAS			
P0	291	385	676
P1	291	385	676
P2	291	387	678
P3	310	362	672
P4	387	268	655
MAIS			
P0	50	334	384
P1	50	334	384
P2	50	271	321
P3	114	177	291
P4	147	136	283
BOUWLAND			
P0	139	128	267
P1	139	128	267
P2	139	127	266
P3	139	127	266
P4	178	77	255

Tabel 17 Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie (in kg N/ha.jr) tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering. De stikstofuitspoeling is gecorrigeerd voor de grondwatertrap.

	KM	DM	Surpl.KM	N-atm	N-min	Uitspoeling N
Gras op GT V, VI, VII						
P0	291	385	0	44	580	112
P1	291	385	0	44	580	112
P2	291	387	0	44	581	112
P3	310	362	0	44	584	113
P4	387	268	119	44	721	160
Gras op GT I, II, III						
P0	291	385	0	44	580	16
P1	291	385	0	44	580	16
P2	291	387	0	44	581	16
P3	310	362	0	44	584	17
P4	387	268	119	44	721	23
Mais op GT V, VI, VII						
P0	50	334	0	44	319	105
P1	50	334	0	44	319	105
P2	50	271	0	44	279	96
P3	114	177	0	44	277	95
P4	147	136	11	44	294	101

De benodigde verblijftijd wordt bepaald door maximaal mogelijke uitspoeling te relateren aan de denitrificatiecapaciteit op basis van de gebiedsgemiddelde gegevens t.a.v de zuurgraad en het organische-stofgehalte. Het uitgespoelde nitraat dient volledig gedennitrificeerd te worden. Dit leidt tot verblijftijden zoals die gepresenteerd zijn in tabel 18.

Tabel 18 Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Bodemgebruik	Denitrificatie capaciteit (kg N/ha.jr.m)	Maximale uitspoeling (kg N/ha.jr)	Benodigde verblijftijd (jr)
Gras (I, II, III)	87	23	0.3
Gras (V, VI, VII)	87	160	1.8
Mais (V, VI, VII)	87	105	1.2

#### 4.3 Lokale waterhuishouding

Voor de berekeningen t.a.v. de lokale waterhuishouding wordt elk transect opgedeeld in simulatie-eenheden op basis van grondwatertrap en bodemgebruik. Per simulatie-eenheid worden achter-eenvolgens het neerslagoverschot, de afvoer via het slotenstelsel (de derde orde flux), het bekenstelsel (de tweede orde flux) en de kwel/wegzijging naar de ondergrond (de eerste orde flux) fluxen bepaald volgens de zgn. vuistregels zoals besproken in Van Dort en Kemmers (1988). In het hiernavolgende worden de gebruikte gegevens en de resultaten besproken.

##### 4.3.1 Invoergegevens

###### Bepaling van de simulatie-eenheden

Voor de onderverdeling van de transecten in simulatie-eenheden is gebruik gemaakt van de bodemkaart (Stiboka, kaartbladen 49 Oost en 50 West schaal 1 : 50 000, 1984) op basis waarvan de onderverdeling in grondwatertrappen plaatsvindt en de topografische kaart (Topografische Dienst, kaartbladen 49 Oost en 50 West, schaal 1 : 50 000, 1986) waarop de onderverdeling in bodemgebruik is aangegeven.

###### Topografie

Aan de hand van de hoogtepuntenkaarten (Topografische Dienst, kaartblad 50 West A zuid en 49 Oost G Noord, 1962) zijn de gemiddelde hoogten per simulatie-eenheid bepaald ter bepaling van de tweede en derde orde drainage niveaus.

### Neerslagoverschot

Voor het bepalen van het neerslagoverschot per simulatie-eenheid is gebruik gemaakt van neerslaggegevens en open waterverdampingsgegevens van het KNMI alsmede de gewasverdampingsfactoren zoals bepaald in Van Dort en Kemmers (1988). Voor wat betreft de neerslag is gebruik gemaakt van gegevens van station Zundert over de periode 1971-1987. Voor de open waterverdamping zijn dezelfde gegevens gebruikt als in de vorige studies nl. de openwaterverdampingsgegevens van station Oudenbosch over dezelfde periode. Voor 1982 zijn de verdampingsgegevens van Gemert gebruikt en voor april t/m december 1987 zijn de referentie verdampingsgegevens van Gilze Rijen gebruikt.

### Drainagekarakteristieken

Zoals reeds vermeld in par. 4.1.6 worden alleen de Turfvaart en de Bijloop tot de tweede orde waterlopen gerekend, aangezien deze waterlopen parallel en dicht langs elkaar lopen zijn beide waterlopen tot een waterloop geschematiseerd. Alle overige waterlopen behoren tot de derde orde waterlopen.

Voor het bepalen van de drainagefluxen per simulatie-eenheid dienen de tweede en derde orden drainageweerstand en drainage-niveaus bepaald te worden.

De drainageweerstand bestaat uit een horizontale en een radiale weerstand (de vertikale weerstand is verwaarloosbaar). Voor het derde orde systeem wordt de radiale drainageweerstand per simulatie-eenheid bepaald als het produkt van de slootafstand en de slootweerstand per simulatie-eenheid. De horizontale weerstand wordt bepaald volgens Ernst en is meestal verwaarloosbaar. De gemiddelde slootafstand varieert tussende 53 en de 253 m, de radiale weerstand bedraagt ca. 2 d/m.

Voor het tweede orde systeem wordt de radiale weerstand bepaald als het produkt van de gebiedsgemiddelde beekafstand en de gemiddelde radiale weerstand. Deze bedragen 1900 m resp. 1,3 m/d, zodat de gebiedsgemiddelde radiale drainageweerstand 2470 dagen is.

De horizontale weerstand is afhankelijk van de afstand van de simulatie-eenheid tot de beek, de derde orde drainageweerstand, het watervoerend vermogen en de weerstand van het doorstroomde pakket. Voor het watervoerend vermogen van het doorstroomde pakket is 135 m<sup>2</sup>/d aangehouden, voor de weerstand van dit pakket is 250 dagen aangehouden (zie ook par. 4.4.1).

De drainageniveaus worden per simulatie-eenheid bepaald. Deze zijn gelijk aan de gemiddelde maaiveldhoogte min het slootpeil (derde orde drainageniveau) resp. beekpeil van de beek die de simulatie-eenheid ontwatert (tweede orde drainageniveau).

In tabel 19 wordt een overzicht van de belangrijkste drainage-eigenschappen gegeven.

Als laatste wordt dan de gemiddelde grondwaterstand bepaald volgens Van Dort en Kemmers (1988) par 6.2.2.

De tweede resp. derde orde flux wordt dan bepaald volgens:

$$\text{flux} = (\text{drainageniveau} - \text{gem. grondwaterstand}) / \text{drainageweerstand}.$$

De kwel of wegzijging per simulatie-eenheid wordt als laatste bepaald als het neerslagoverschot min de som van de tweede en derde orde flux.

Tabel 19 Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio De Turfvaart.

RES: drainageweerstand; BP: beekpeil; HD: drainageniveau.

Transsect	Drainage-eigenschappen			
	Tweede orde		Derde orde	
	RES2 (etm.)	BP (m + NAP)	RES3 (etm.)	HD (m - mv.)
A1-A2	3411->100 000	5,40	109-566	0,40-1,00
B1-B2	2497->100 000	8,40	153-256	0,40-1,00

#### 4.3.2 Resultaten

De resultaten van deze berekeningen, de gemiddelde flux per orde drainagestelsel en het neerslagoverschot in mm/d is gegeven in aanhangsel 2.

#### 4.4 Regionale waterhuishouding

##### 4.4.1 Invoergegevens STRELIN

##### Geohydrologische schematisatie

Uit de isohypsenpatronen van het freatisch water en het water van het eerste watervoerend pakket blijkt dat alleen het afdekkend pakket van belang is voor de grondwaterstroming richting beek. Uit boorbeschrijvingen (Mulschlegel, 1986) blijkt dat het afdekkend pakket ter plaatse van transsect A1-A2 ca. 45 m dik is. Ter plaatse van transsect B1-B2 is het afdekkend pakket ca. 35 m dik. Tevens blijkt uit deze boorbeschrijvingen dat de bovenste ca. 6 m van grover materiaal is. Volgens (Mulschlegel, 1986) zou de KD-waarde van dit bovenste pakketje 100 m<sup>2</sup>/d bedragen hetgeen neerkomt op een horizontale doorlatendheid van 15 m/d. Dit lijkt een erg hoge waarde. Het meest voorkomend bodemtype in de buurt van het beekdal is het type Hn21 (podzolgrond). De isotrope doorlatendheid van de ondergrond is volgens de Staringreeks ca. 1 m/d. Uitgaande van een zekere mate van anisotropie is voor de bovenste 6 m de horizontale doorlatendheid op 5 m/d en de verticale doorlatendheid op 0,2 m/d gesteld, hetgeen neerkomt op een isotrope doorlatendheid van 1 m/d. Voor de onderliggende laag is op basis van de totale weerstand de verticale doorlatendheid op 0,018 m/d gesteld, de horizontale doorlatendheid is op 2,5 m/d gesteld. Voor beide lagen is een porositeit van 33% aangehouden.

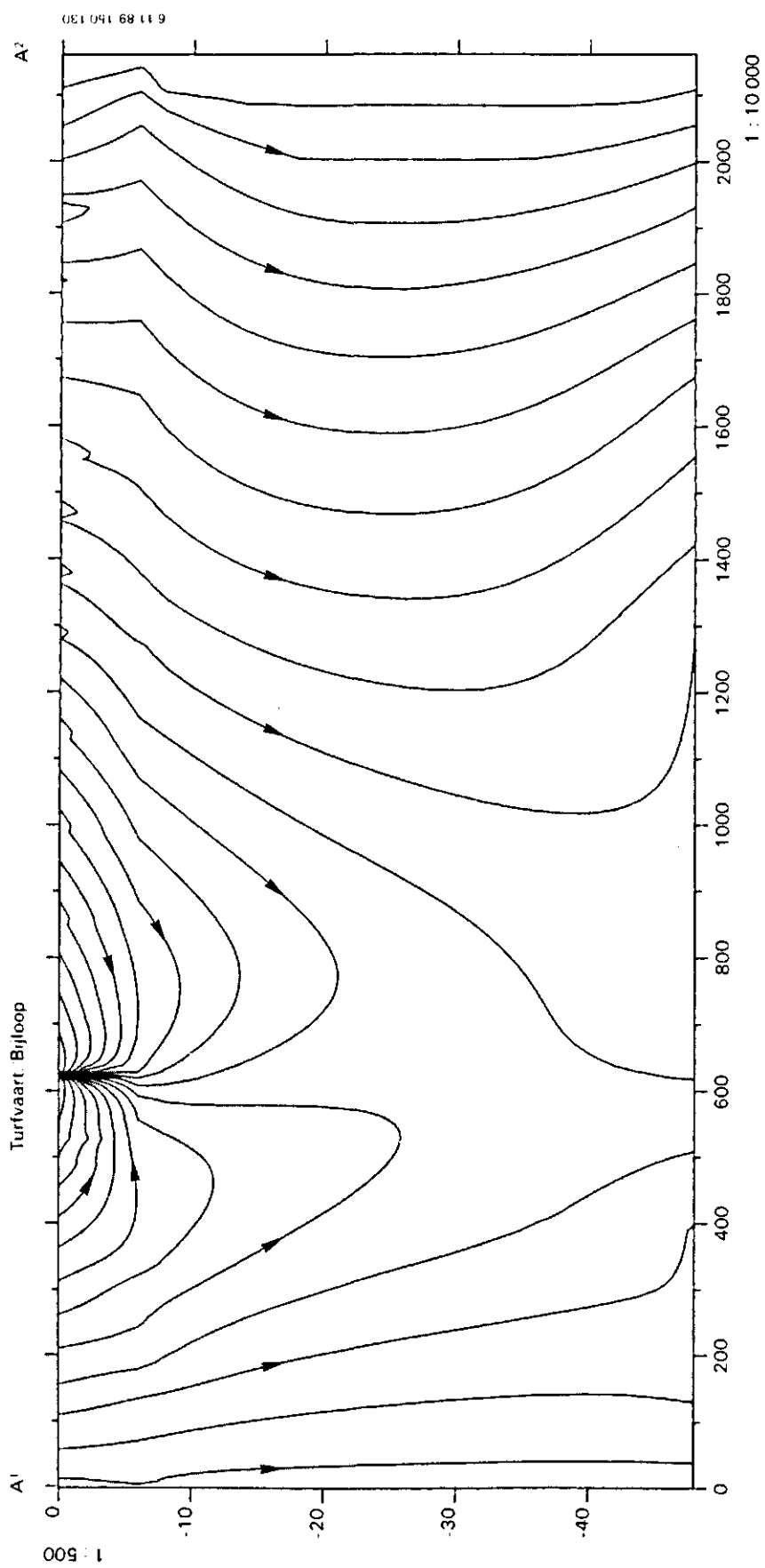


Fig. 6 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect A<sup>1</sup>-A<sup>2</sup> van het bodembeschermingsgebied De Turfvaart



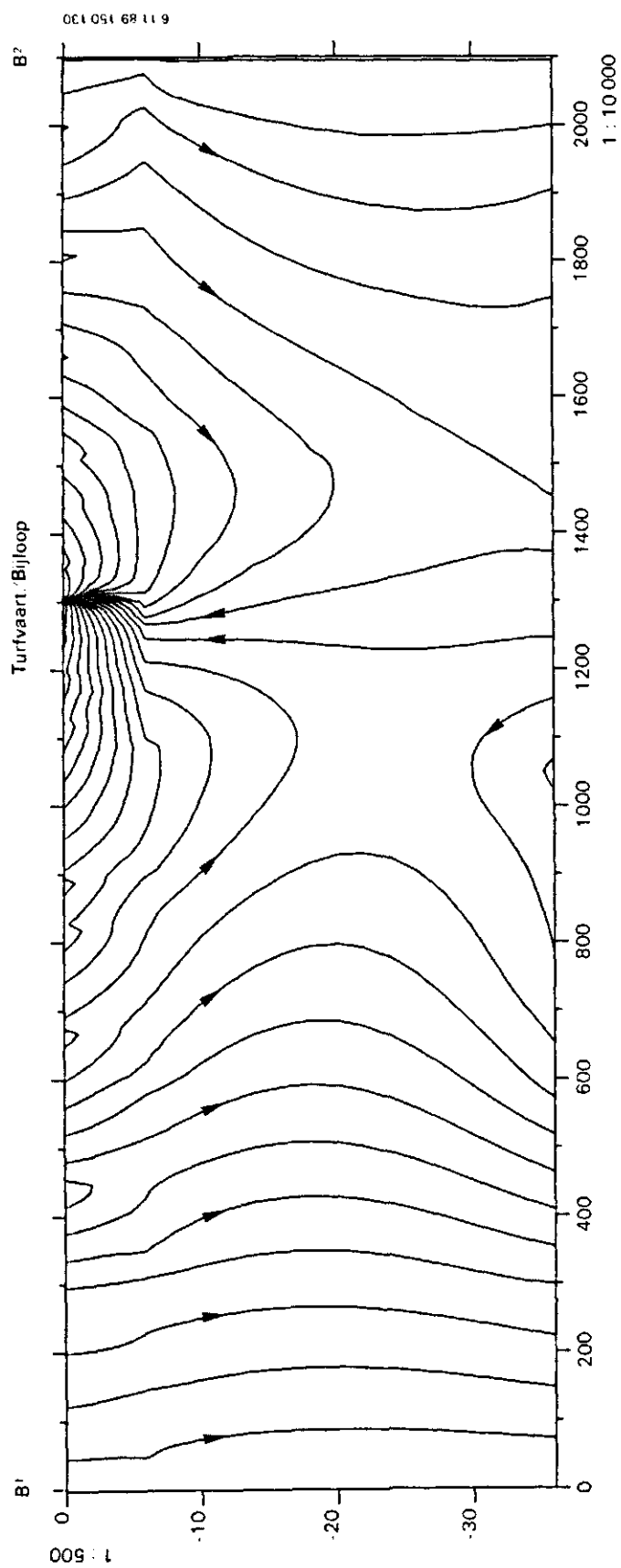


Fig. 7 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B¹-B² van het bodembeschermingsgebied De Turfvaart

### Modelschematisatie

Voor een beschrijving van de modelschematisatie wordt verwezen naar par. 3.4.1.

### 4.4.2 Resultaten

#### Stromingspatroon

Het resultaat van de met STRELIN gesimuleerde grondwaterstroming is weergegeven in de fig. 6 en 7.

#### Reistijden en transportafstanden

Zoals reeds in par. 3.4.2 is besproken is het voor het bepalen van de afgelegde transportafstand van belang de gebiedsspecifieke parameter  $a$  te kennen, de gebiedsparameter  $a$  is afhankelijk van de benodigde verblijftijd. In par. 4.2.1.2 is gebleken dat de benodigde verblijftijd, afhankelijk van bodemgebruik en grondwatertrap, afgerond 1 of 2 jaar bedraagt. De gebiedsparameters  $a$  behorende bij deze verblijftijden zijn gegeven in tabel 20.

Tabel 20 Gebiedsparameter  $a$  en de standaarddeviatie hierin voor de regio De Turfvaart voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd.

Verblijftijd	$a$	Standaarddeviatie
1 jaar	0,020	0,012
2 jaar	0,039	0,019

### 4.5 Bufferbreedten

In tabel 21 zijn bufferbreedten aangegeven afhankelijk van de plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding ( $L$ ), het bodemgebruik en de grondwatertrap.

Voor de interpretatie van dit nomogram, leidend tot een ruimtelijke weergave van de bufferbreedten, wordt verwezen naar par. 3.5.2.

Tabel 21 Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterscheiding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 87 kg/ha.jr.m.

Tussen haakjes is de verblijftijd aangegeven die nodig is voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Afstand L (m)	Bufferbreedte (m)		
	mais V-VII (1 jr)	gras V-VII (2 jr)	gras I-III (1 jr)
100	2	4	2
200	4	8	4
300	6	12	6
400	8	16	8
500	10	20	10
600	12	23	12
700	14	27	14
800	16	31	16
900	18	35	18
1000	20	39	20



## 5 REGIO HET MERKSKE

### 5.1 Gebiedsbeschrijving

#### 5.1.1 Topografie

Het bodembeschermingsgebied ligt aan de Belgische grens in de gemeente Baarle Nassau. Het betreft het op Nederlands grondgebied liggende deel van het stroomgebied van Het Merkske tot waar deze samenstroomt met De Mark en het op Nederlands grondgebied liggende deel van het stroomgebied van De Mark en De Hollandsche loop voor zover deze samenvallen met de Nederlands-Belgische grens (zie fig. 8). Het oostelijk deel van het gebied wordt doorstroomd door een aantal kleine waterlopen (Tommelsche loop, Schaluinse loop en de Schouwloop) die ter hoogte van de Broskens alle samenstromen tot Het Merkske. Ter hoogte van Ginhoven voegt de Noorder Mark zich hierbij waardoor de beek sterk in omvang toeneemt.

Op de hogere delen van het gebied worden voornamelijk Veldpodzolgronden (Gt V-VII) aangetroffen, behalve bij de Witte Bergen waar veel haardpodzolgronden (Gt VII-VII\*) voorkomen en ten westen van De Hollandsche loop en De Mark waar de hoge enkeergronden (Gt V\*-VII) overheersen.

De variatie in het aantal bodemtypen die in de lager gelegen delen worden aangetroffen is wat groter. In het oostelijk deel worden er voornamelijk gooreerd- (Gt III) en beekkeerdgronden (Gt III) aangetroffen. In het centrale deel (ten zuiden van de Witte Bergen en de de Kromme Hoek) worden er voornamelijk madeveen- (Gt II), moerpodzol- (Gt III) en beekkeerdgronden (Gt III) aangetroffen. In het westelijke deel komen in in de lager gelegen delen voornamelijk lage enkeerd- (Gt III-V), beekkeerd- (Gt III) en beekleemgronden (Gt II-V) voor (Stiboka, 1980).

#### 5.1.2 Geohydrologie

De laagopbouw van de ondergrond is in hoge mate vergelijkbaar met die van de ondergrond in de regio De Turfvaart. Vanaf het maai-veld tot de hydrologische basis kunnen de volgende lagen onderscheiden worden (Mulschlegel, 1986) en (Eindrapport Merkske Onderzoek, 1988):

- Eerste watervoerende laag.

Dit dunne watervoerende laagje in dikte variërend van enkele centimeters tot enkele meters bestaat uit dekzanden, stuifzanden (formatie van Twente) en fluviatiele zanden van de formatie van Kedichem. Het watervoerend vermogen is ca. 10-100 m<sup>2</sup>/d

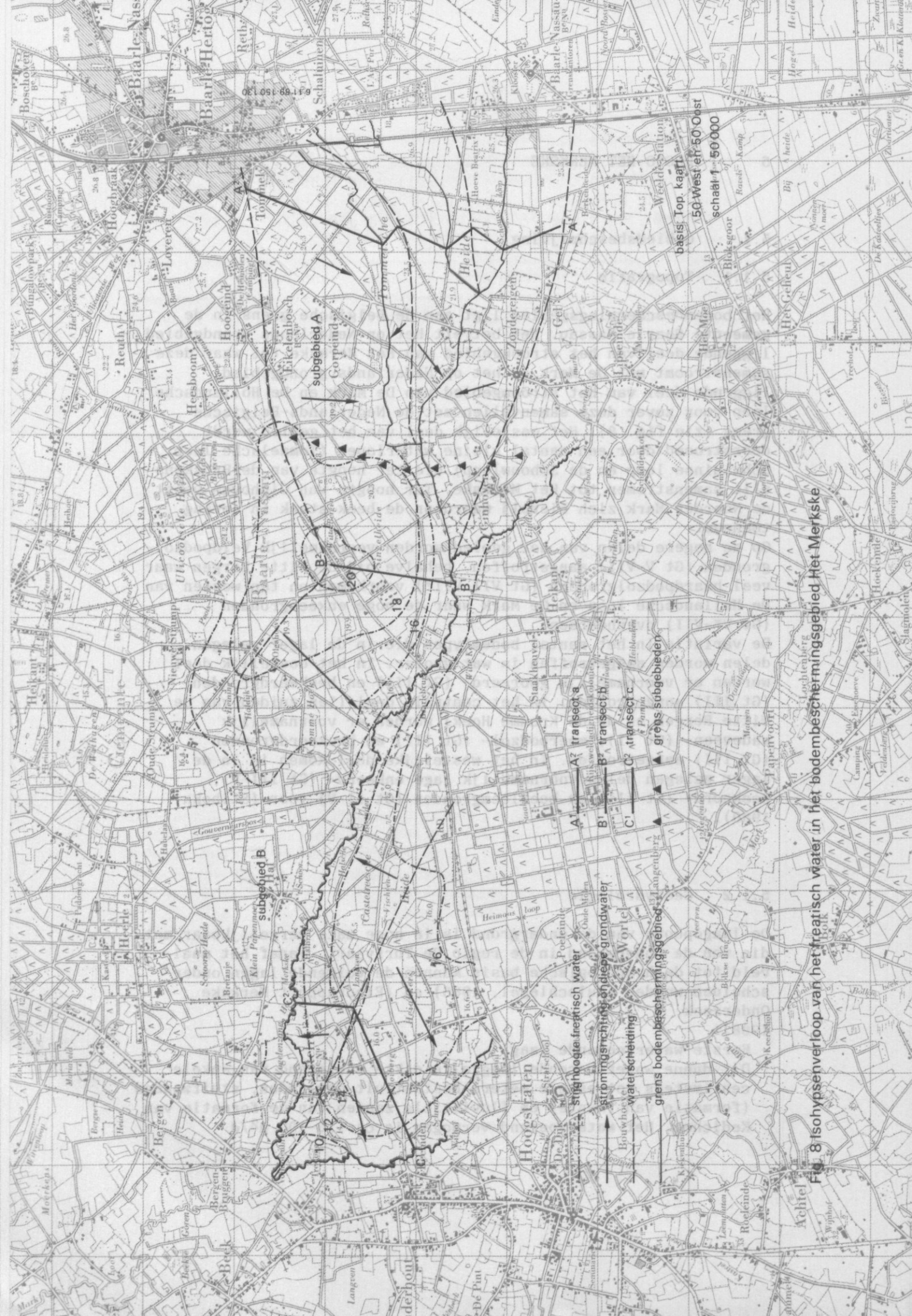


Fig. 8 Isohypsenverloop van het freatisch water in het bodembeschermingsgebied Het Merkske

- Eerste scheidende laag.  
Dit pakket bestaat uit een afwisseling van matig fijne, soms leem- en slibhoudende zanden en kleilagen behorende tot de formatie van Kedichem en de fijne afzettingen van de formatie van Tegelen, de dikte van dit pakket bedraagt 30-40 m, de weerstand ca. 500 dagen.
- Tweede watervoerende laag.  
Tot deze aquifer behoren de grovere afzettingen van de formatie Tegelen en de formatie van Maassluis die bestaat uit grovere schelphoudende zanden en ingesloten kleilagen, de dikte van de laag bedraagt ca. 20 m, het watervoerend vermogen is ca. 600 m<sup>2</sup>/d.
- Tweede scheidende laag.  
De tweede scheidende laag bestaat uit de fijne afzettingen van de formatie van Oosterhout te weten kleien en slibhoudende-fijnkorrelige zanden. De dikte van deze laag bedraagt ca. 20 m, de weerstand ca. 2000 dagen.
- Derde watervoerend pakket.  
De grovere afzettingen van de formaties van Oosterhout en Breda vormen de tweede watervoerende laag. Het totale pakket is ca. 90 dik en bestaat uit matig fijn tot grove zanden. Het watervoerend vermogen (de kD-waarde) bedraagt ca. 1000 m<sup>2</sup>/d.
- Hydrologische basis.  
De hydrologische basis bevindt zich op een diepte van ca. 170 m - mv. en bestaat uit de fijne afzettingen van de Formatie van Breda (fijnkorrelige zanden en zandige kleien).

### 5.1.3 Bodemgebruik

Basisgegevens ten aanzien het bodemgebruik voor deze regio zijn ontleend aan de hand van de metingen van het CBS van 1988 betreffende de gemeente Baarle Nassau.

Hieruit is een overzicht van de verdeling van de cultuurgrond over de verschillende bodemgebruiksvormen bepaald. Dit overzicht is weergegeven in tabel 22.

Tabel 22 Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik in de regio Het Merkske.

Bodengebruik	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
Bouwland	617	13
Mais	1420	28
Gras	2978	59
Tuinbouw	37	0
Braak	5	0
Totaal	5088	100

### 5.1.4 Mestproduktie

Op basis van de CBS gegevens over 1988 van de gemeente Baarle Nassau is het totaal aantal dieren per soort bepaald. Voor wat betreft de mestproduktiecijfers per diersoort en de gehalten aan mineralen N, P en K zijn dezelfde cijfers aangehouden als in voorgaande studies (zie par. 3.1.4). Tabel 23 geeft een overzicht van de genoemde gegevens.

Tabel 23 Aantal dieren in de regio Het Merkske, mestproduktie per dier en de percentages N, P en K per ton mest. De veedichtheid is aangegeven in GVE's per ha grasland.

Diersoort	Aantal	Mestproduktie kg/dier.jr	N	P (%)	K	Mesttype
GVE	10 431	20 000	0,44	0,18	0,50	RDM
Mestkalveren	0	3 000	0,30	0,13	0,25	KDM
Biggen	42 689	360	0,55	0,47	0,50	MDM
Mestvarkens	70 505	1 600	0,55	0,47	0,50	MDM
Fokvarkens	12 964	3 200	0,39	0,37	0,65	FDM
Leghennen	148 040	30	2,40	2,50	1,90	PLV
Slachtkuikens	200 100	7	2,40	2,50	1,90	PLV
GVE/ha. gras	3,50					

### 5.1.5 Denitrificatiecapaciteit

Voor de bepaling van de denitrificatiecapaciteit is informatie nodig betreffende het organische-stofgehalte en de zuurgraad van de ondergrond. Voor wat betreft het organische-stofgehalte is hierbij gebruik gemaakt van organische-stofgehalten zoals deze voor de dekzandlaag en de Formatie van Kedichem en Tegelen zijn bepaald t.b.v. een ecohydrologische studie van de Kalmhoutse heide (1981). Hierbij zijn monsters van de ondergrond tot een diepte van 30-35 m genomen. Aan de hand van de analyse van boor-monsters is het organische-stofgehalte bepaald op 0,64% (st. dev. 1,04, n=52) Informatie omtrent de zuurgraad is ontleend aan het Bodemkundig Informatie Systeem van Stiboka waar pH-KCL waarden van C-horizonten zijn opgeslagen die bemonsterd zijn t.b.v. de bodemkartering van de bladen 49 Oost en 50 West (schaal 1 : 50 000). Op basis hiervan is de zuurgraad bepaald op 5,5 (st.dev. 0,2, n=10). Met deze cijfers wordt de denitrificatiecapaciteit bepaald volgens de in par. 3.1.5 beschreven uitgangspunten, het resultaat staat in tabel 24.

Als berekeningsgrondslag voor de breedte van de bufferzones wordt de gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 87 kg N/ha.jr.m aangehouden.



Tabel 24 Denitrificatiecapaciteit voor de regio Het Merkske afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

Organische-stofgehalte (%)	pH	Reductiefactor voor zuurgraad (-)	Denitrificatie capaciteit (kg N/ha.jr.m)
0,64	5,5	0,52	87
0,64	5,0	0,29	48
0,64	6,0	0,74	123
0,0	5,5	0,52	0
0,0	5,0	0,29	0
1,68	6,0	0,74	0
1,68	5,5	0,52	227
1,68	5,0	0,29	127
1,68	6,0	0,74	323

#### 5.1.6 Ligging transsecten

De ligging van de transsecten, bepaald aan de hand van de isohypsenpatronen van het freatisch water en de waterstaatskaart, is weergegeven in fig. 8. In de figuur zijn tevens de waterscheidingen en de stromingsrichtingen van het ondiepe grondwater aangegeven.

### 5.2 (Model)berekeningen

#### 5.2.1 Mesttoedeling

Om de hoeveelheid geproduceerde mest en de verdeling daarvan over de verschillende vormen van bodemgebruik te bepalen is het rekenprogramma SLAPP gebruikt voor het genereren van bemestings-scenario's. De hierbij gehanteerde uitgangspunten en opties zijn reeds beschreven in par. 3.2.1.

##### 5.2.1.1 Bemestingsniveaus

De berekeningen met het model SLAPP voor bemestingsscenario 1, op basis van dezelfde uitgangspunten, opties en beperkingen zoals beschreven in par. 3.2.1 en par 3.2.1.1, leiden tot bemestingsniveaus zoals gepresenteerd in tabel 25.

Tabel 25 Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiksvorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot.

Bodemgebruik	Kg/ha.jr N		
	kunstmest-N	dierlijke mest-N	totaal-N
GRAS			
P0	307	403	710
P1	307	403	710
P2	320	387	707
P3	338	365	703
P4	417	269	686
MAIS			
P0	50	460	510
P1	50	461	511
P2	50	295	345
P3	99	198	297
P4	154	127	281
BOUWLAND			
P0	58	105	163
P1	57	104	161
P2	57	103	160
P3	57	103	160
P4	74	82	156

#### 5.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie

De benodigde verblijftijd wordt bepaald door maximaal mogelijke uitspoeling te relateren aan de denitrificatiecapaciteit op basis van de gebiedsgemiddelde gegevens t.a.v de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

De resultaten van de bepaling van de nitraatuitspoeling, volgens de in par. 3.2.1.2 besproken methode met de resultaten van bemestingsscenario 1 (zie par. 5.2.1.1), staan in tabel 26. Gesteld wordt dat het uitgespoelde nitraat volledig gedenitrificeerd dient te worden. Indien de maximale uitspoeling gerelateerd wordt aan de denitrificatiecapaciteit leidt dit tot verblijftijden zoals die gepresenteerd zijn in tabel 27.

Tabel 26 Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie (in kg N/ha.jr) tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering. De stikstofuitspoeling is gecorrigeerd voor de grondwatertrap.

Bodemgebruik	Kg N/ha.jr					
	KM	DM	Surpl.KM	N-atm	N-min	Uitspoeling N
Gras op GT V, VI, VII						
P0	307	403	0	44	608	122
P1	307	403	0	44	608	122
P2	320	387	0	44	611	123
P3	338	365	0	44	615	125
P4	417	269	148	44	780	176
Gras op GT I, II, III						
P0	307	403	0	44	608	17
P1	307	403	0	44	608	17
P2	320	387	0	44	611	18
P3	338	365	0	44	615	18
P4	417	269	148	44	780	25
Mais op GT V, VI, VII						
P0	50	460	0	44	405	123
P1	50	461	0	44	405	123
P2	50	295	0	44	293	99
P3	99	198	0	44	277	96
P4	154	127	27	44	311	109

Tabel 27 Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Bodemgebruik	Denitrificatie capaciteit kg N/ha.jr.m	Maximale uitspoeling kg N/ha.jr	Benodigde verblijftijd jr
Gras (I, II, III)	87	25	0,3
Gras (V, VI, VII)	87	176	1,9
Mais (V, VI, VII)	87	123	1,4

### 5.3 Lokale waterhuishouding

#### 5.3.1 Invoergegevens

Voor het bepalen van de drainagefluxen per simulatie-eenheid (zie par 3.3) is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Bodemkaart (Stiboka, schaal 1 : 10 000, 1980).
- Topografische kaart (Topografische Dienst, kaartblad 50 Oost en West, schaal 1 : 50 000, 1986).
- Hoogtepuntenkaart (Topografische Dienst, schaal 1 : 10 000, 1962).

- Weersgegevens: hiervoor zijn dezelfde gegevens gebruikt als in de studie van het Chaamse bekengebied nl. de neerslaggegevens van district 12 over de periode 1971-1987 behalve voor 1982 waar de neerslaggegevens van Chaam gebruikt zijn. De verdampingscijfers zijn dezelfde als in alle overige studies (zie o.a. par. 3.3.1).
- Drainageweerstand: De slootafstanden variëren van 72-800 m, de slootweerstand variëren van 0,7-0,8 d/m. Voor wat betreft het tweede orde systeem is onderscheid gemaakt voor transect A1-A2 dat door het bovenstroomse, vertakte deel van het stroomgebied loopt en de transecten B1-B2 en C1-C2 die door het benedenstroomse deel van het stroomgebied lopen. Voor het bovenstroomse deel is een gebiedsgemiddelde beekafstand van 980 m bepaald en een gebiedsgemiddelde beekweerstand van 0,4 d/m, zodat de radiale drainageweerstand 390 d. bedraagt. Voor het benedenstroomse deel is een gebiedsgemiddelde beekafstand van 1500 m bepaald en een beekweerstand van 2,5 d/m, zodat de radiale drainageweerstand voor dit gedeelte 3750 dagen bedraagt. De reden voor de hoge beekweerstand voor het benedenstroomse deel is dat de beken zich hier ingesneden hebben in de slechtdoorlatende laag (Formatie van Kedichem en Tegelen).

In tabel 28 staan de belangrijkste drainagekarakteristieken zoals die voor dit gebied bepaald zijn.

Tabel 28 Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagestelsels van verschillende orden in de regio Het Merkske.

RES: drainageweerstand; BP: beekpeil; HD: drainageniveau.

Transsect	Drainage-eigenschappen			
	Tweede orde		Derde orde	
	RES2 (etm.)	BP (m + NAP)	RES3 (etm.)	HD (m - mv.)
A1-A2	2515->100 000	20,80-23,70	83- 421	0,40-1,00
B1-B2	3795->100 000	15,50	49-1031	0,40-1,00
C1-C2	3808->100 000	11,00	71- 502	0,40-1,00

### 5.3.2 Resultaten

De resultaten van de berekeningen t.a.v. de lokale waterhuishouding, te weten de gemiddelde flux per orde drainagestelsel en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in mm/d, is gegeven in aanhangsel 3.

## 5.4 Regionale waterhuishouding

### 5.4.1 Invoergegevens STRELIN

#### **Geohydrologische schematisatie**

Uit de isohypsenpatronen van de verschillende lagen blijkt de drainerende werking van de beken alleen voor het watervoerende laagje en de eerste scheidende laag.

Aan de hand van boorbeschrijvingen (Mulschlegel, 1986) is voor het watervoerende laagje een dikte van 4 m aangehouden, de dikte van de eerste scheidende laag bedraagt ca. 35 m. Voor wat betreft de horizontale en verticale doorlatenheden zijn dezelfde waarden aangehouden zoals deze bepaald zijn t.b.v. de geohydrologische schematisatie in het ecohydrologisch onderzoek van Het Merkske stroomgebied (Eindrapport Merkske Onderzoek, 1988). Volgens deze schematisatie is voor het watervoerende laagje de horizontale doorlatendheid 7,5 m/d en de verticale doorlatendheid 2 m/d. Voor de eerste scheidende laag wordt een horizontale doorlatendheid van 2,5 m/d aangehouden en een verticale doorlatendheid variërend van 0,03 tot 0,1 m/d.

Uitgaande van een laagdikte van 35 m en een weerstand van ca. 500 dagen is de verticale doorlatendheid op 0,07 m/d gesteld. Voor beide lagen is een porositeit van 33% aangehouden.

#### **Modelschematisatie**

Voor een beschrijving van de modelschematisatie wordt verwezen naar par. 3.4.1.

### 5.4.2 Resultaten

#### **Stromingspatroon**

De resultaten van de met STRELIN gesimuleerde grondwaterstroming is weergegeven in de fig. 9, 10 en 11.

#### **Reistijden en transportafstanden**

Zoals reeds in par. 3.4.2 is besproken, is voor het bepalen van de afgelegde transportafstand van belang de gebiedsspecifieke parameter  $a$  te kennen, de gebiedsparameter  $a$  is afhankelijk van de benodigde verblijftijd. In par. 5.2.1.2 is gebleken dat de benodigde verblijftijd, afhankelijk van bodemgebruik en grondwatertrap, afgerond 1 of 2 jaar bedraagt.

Uit de STRELIN resultaten bleek dat de afgelegde transportafstanden in het oostelijk deel van het stroomgebied groter zijn dan die in het centrale en westelijk deel. Dit resulteert in een grotere  $a$ -waarde voor dit subgebied. De oorzaak hiervan is het feit dat in het oostelijk subgebied het bekenstelsel meer vertakt is waardoor de gemiddelde beekafstand kleiner is. De grens tussen beide subgebieden is aangegeven in fig. 8. In tabel 29 zijn de gebiedsparameters  $a$  voor beide subgebieden weergegeven.

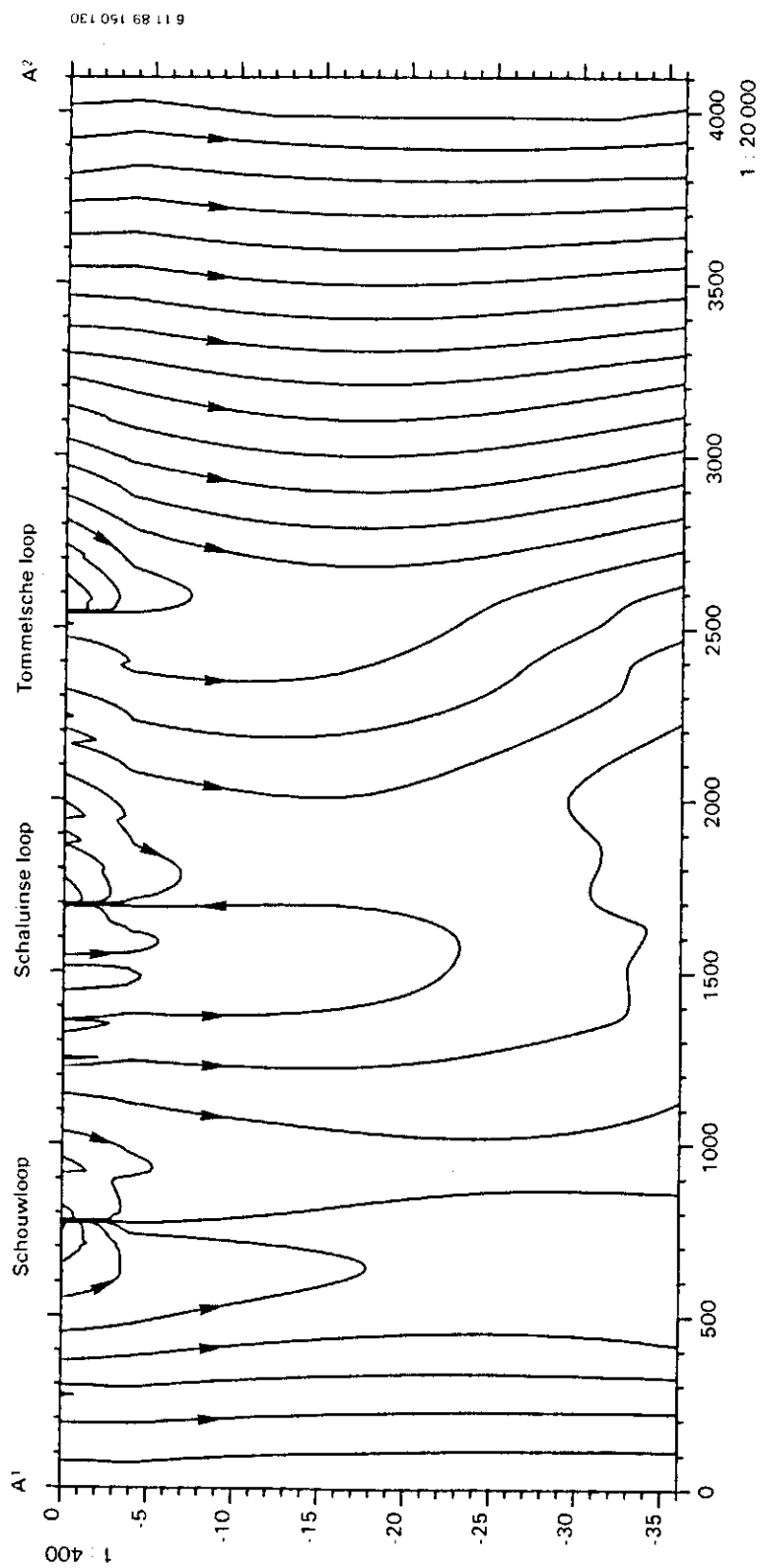


Fig. 9 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect A<sup>1</sup>-A<sup>2</sup> van het bodembeschermingsgebied Het Merkske

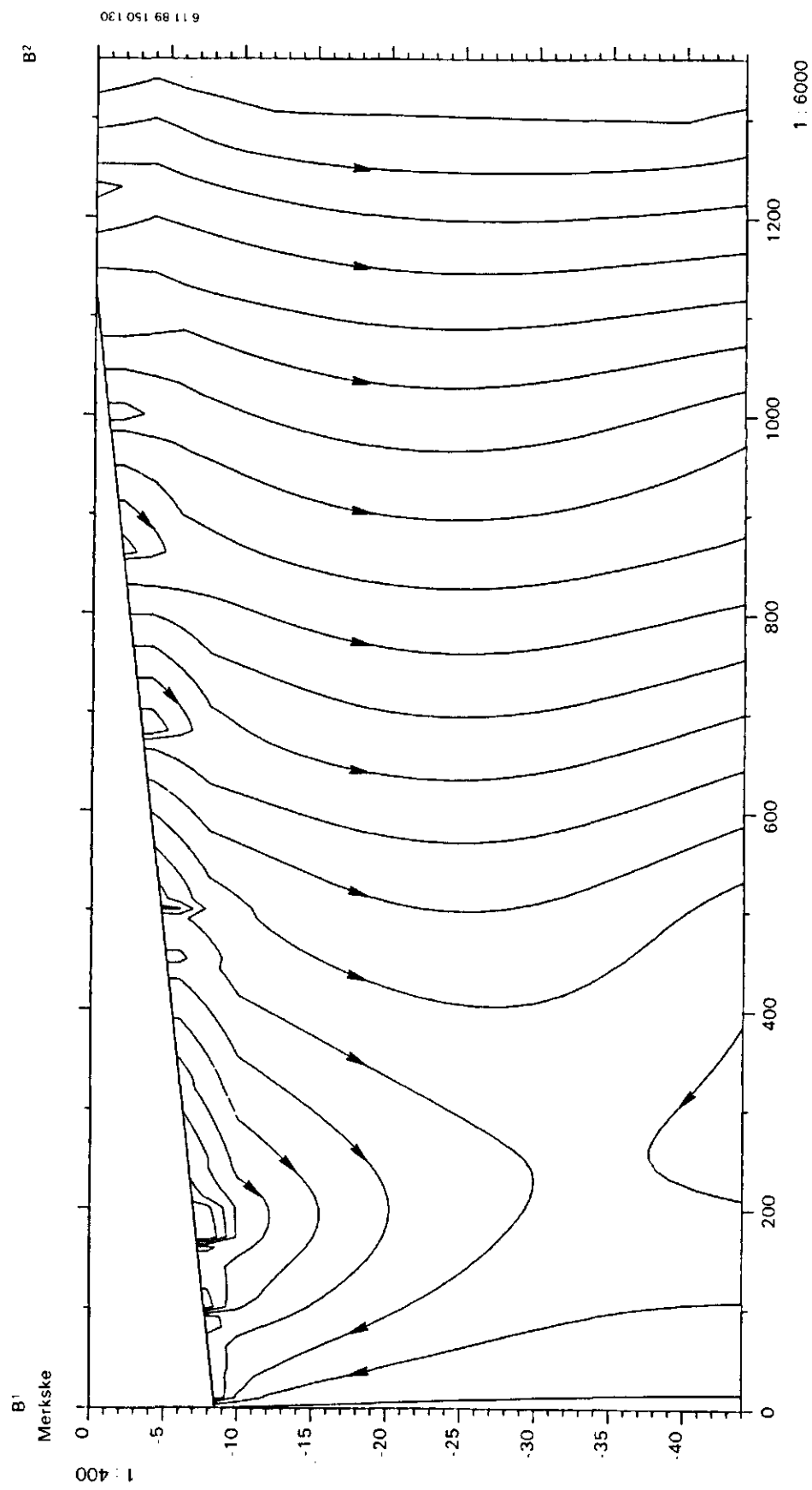


Fig. 10 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B<sup>1</sup>-B<sup>2</sup> van het bodembeschermingsgebied Het Merkske

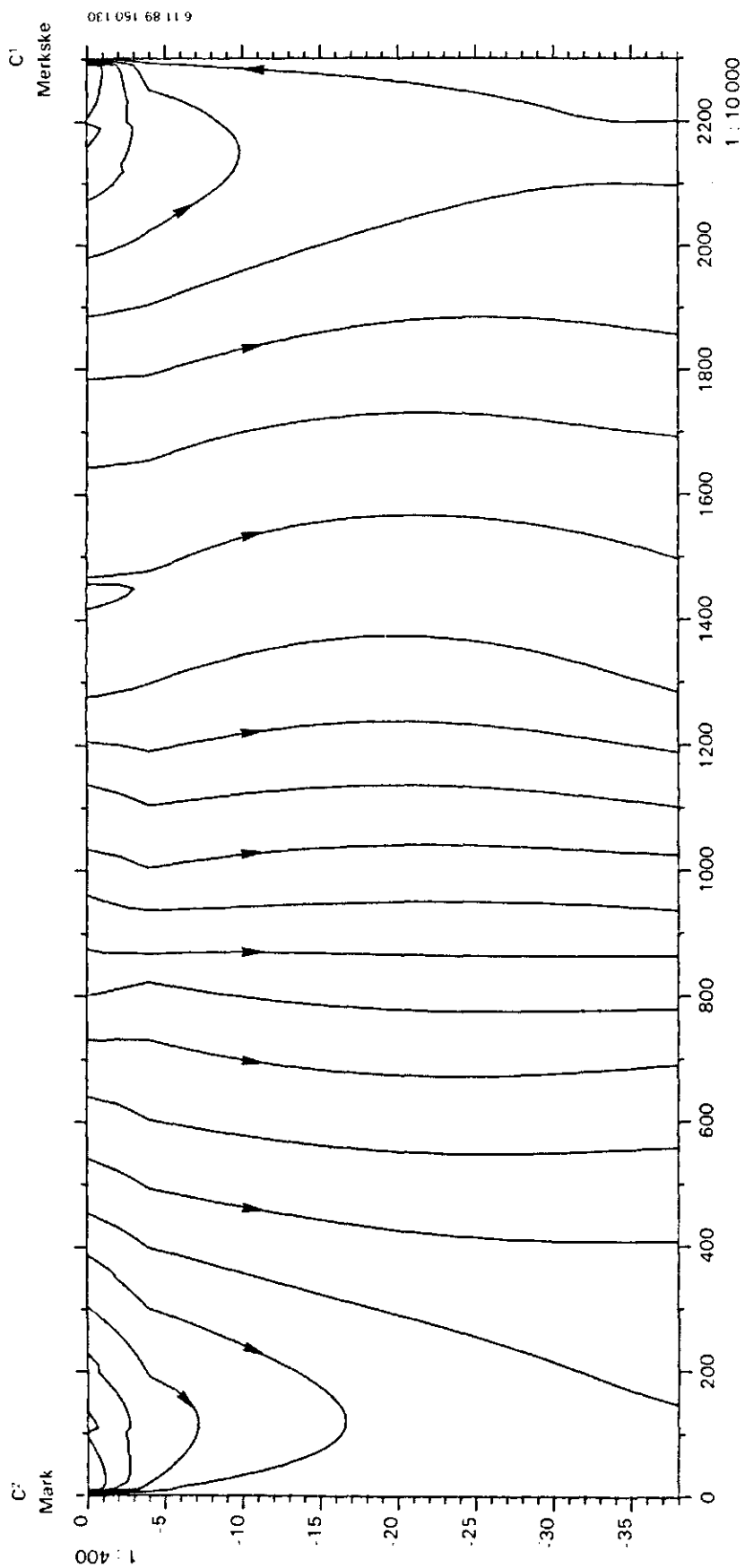


Fig. 11 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect C<sup>1</sup>-C<sup>2</sup> van het bodembeschermingsgebied Het Merkske



Tabel 29 Gebiedsparameter a en de standaarddeviatie hierin voor de regio Het Merkske voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd.

Verblijftijd	Subgebied A		Subgebied B	
	a	standaarddeviatie	a	standaarddeviatie
1 jaar	0,030	0,023	0,018	0,010
2 jaar	0,061	0,046	0,032	0,011

### 5.5 Bufferbreedten

In tabel 30 zijn bufferbreedten aangegeven afhankelijk van de plaats van infiltratie als afstand tot de waterscheiding (L), het bodemgebruik en de grondwatertrap.

Voor de interpretatie van dit nomogram leidend tot een ruimtelijke weergave van de bufferbreedten wordt verwezen naar par. 3.5.2.

Tabel 30 Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand L tot aan de waterscheiding bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 87 kg/ha.jr.m.

Tussen haakjes is de verblijftijd aangegeven die nodig is voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Afstand L (m)	Bufferbreedte (m)					
	Subgebied A			Subgebied B		
	Mais	Gras	Gras	Mais	Gras	Gras
	V-VII (1 jr)	V-VII (2 jr)	I-III (1 jr)	V-VII (1 jr)	V-VII (2 jr)	I-III (1 jr)
100	3	6	3	2	3	2
200	6	12	6	4	6	4
300	9	18	9	5	10	5
400	12	24	12	7	13	7
500	15	31	15	9	16	9
600	18	37	18	11	19	11
700	21	43	21	13	22	13
800	24	49	24	14	26	14
900	27	55	27	16	29	16
1000	30	61	30	18	32	18



## 6 REGIO DE BRAND

### 6.1 Gebiedsbeschrijving

#### 6.1.1 Topografie

Het gebied De Brand ligt tussen Udenhout en de Drunensche duinen en wordt doorsneden door de waterlopen de Brand en de Zandkantsche Ley (zie fig. 12).

Het verval in het gebied van de beken naar de waterscheidingen is gering, 4-5 m over een afstand van 4-5 km.

Uit de bodemkaart blijkt geen duidelijk patroon op basis waarvan de ligging van de waterlopen te herkennen is. Langs de beken komen zowel natte (Leekeerd- (Gt V,III), Moerige Eerd- (Gt II), Vlierveengrond (Gt I)) als droge gronden voor (Gooreerd- (Gt V, V\*, VI) en Hoge Zwarte Enkeerdgrond (Gt VI)).

De hoger gelegen gronden bij Udenhout bestaan voornamelijk uit Hoge Zwarte Enkeerdgrond (Gt VI) plaatselijk afgewisseld door Laardpodzol-(Gt V\*) of Veldpodzolgrond (Gt V). Aan de kant van de Drunensche duinen komt hoofdzakelijk Duinvaaggrond (Gt VII\*) voor (Stiboka, kaartblad 44 Oost, 1988).

#### 6.1.2 Geohydrologie

Het gebied De Brand ligt aan de rand van de Centrale Slenk en ligt slechts enkele kilometers van de regio Helvoirt (Van Dort en Kemmers, 1988).

Informatie betreffende de opbouw van de ondergrond is ontleend aan Lekahena (1983) en Lekahena en Nelisse (1974). Vanaf het maaiveld tot de hydrologische basis kunnen de volgende lagen onderscheiden worden:

- De deklaag  
De deklaag wordt gevormd door de Nuenengroep en is ca. 10 m dik. Voor deze regio worden dezelfde doorlatenheden aangehouden als in de studie betreffende de regio Helvoirt, dit betekent dat de weerstand van de Nuenenlaag ca.1000 dagen bedraagt en het watervoerend vermogen 50 m<sup>2</sup>/d.
- Eerste watervoerend pakket  
Het eerste watervoerend pakket is een ca. 50 m dikke laag die bestaat uit afzettingen behorend tot de Formaties van Veghel en Sterksel. Het watervoerendvermogen van deze laag bedraagt ca. 3000 m<sup>2</sup>/d.
- Eerste scheidende laag  
De eerste scheidende laag wordt gevormd door afzettingen behorende tot de Formaties van Kedichem en Tegelen. De laag is ca. 65 m dik en de weerstand bedraagt 2000-3000 dagen.



Fig. 12 Isohyptenverloop van het freatisch water in het bodembeschermingsgebied De Brand

- Tweede watervoerend pakket

De grove afzettingen van de Formatie van Tegelen, de Formatie van Maassluis en het grofzandige gedeelte van de Formatie van Oosterhout vormen het tweede watervoerend pakket. de dikte bedraagt ca. 100 m, het watervoerend vermogen ca. 1000 m<sup>2</sup>/d.

- Hydrologische basis

De slechtdoorlatende basis wordt gevormd door de fijnere afzettingen van de Formatie van Oosterhout, de basis ligt op een diepte van ca. 200-250 m.

### 6.1.3 Bodemgebruik

Basisgegevens ten aanzien het bodemgebruik voor deze regio zijn ontleend aan de hand van de metingen van het CBS van 1988 betreffende de gemeente Udenhout.

Hieruit is een overzicht van de verdeling van de cultuurgrond over de verschillende bodemgebruiksvormen bepaald. Dit overzicht is weergegeven in tabel 31.

Tabel 31 Verdeling van de cultuurgrond over de verschillende vormen van bodemgebruik de regio de Brand.

Bodemgebruik	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (%)
Bouwland	30	2
Mais	551	29
Gras	1249	66
Tuinbouw	63	3
Braak	2	0
Totaal	1895	100

### 6.1.4 Mestproductie

Op basis van de CBS gegevens over 1988 van de gemeente Udenhout is het aantal dieren per soort bepaald.

Voor wat betreft de mestproductiecijfers per diersoort en de gehalten aan mineralen N, P en K zijn dezelfde cijfers aangehouden als in voorgaande studies (zie par. 3.1.4), tabel 32 geeft een overzicht van de genoemde gegevens.

Tabel 32 Aantal dieren in de regio De Brand, mestproductie per dier en de percentages N, P en K per ton mest. De veedichtheid is aangegeven in GVE's per ha grasland.

Diersoort	Aantal	Mestproductie kg/dier.jr	N	P (%)	K	Mesttype
GVE	5 117	20 000	0,44	0,18	0,50	RDM
Mestkalveren	479	3 000	0,30	0,13	0,25	KDM
Biggen	28 552	360	0,55	0,47	0,50	MDM
Mestvarkens	27 546	1 600	0,55	0,47	0,50	MDM
Fokvarkens	9 689	3 200	0,39	0,37	0,65	FDM
Leghennen	192 750	30	2,40	2,50	1,90	PLV
Slachtkuikens	62 800	7	2,40	2,50	1,90	PLV
GVE/ha. gras	4,10					

### 6.1.5 Denitrificatiecapaciteit

Voor de bepaling van de denitrificatiecapaciteit is informatie nodig betreffende het organische-stofgehalte en de zuurgraad van de ondergrond. Voor wat betreft het organische-stofgehalte is hierbij gebruik gemaakt van de waarde zoals deze voor de Nuenengroep steeds is aangehouden nl. een organische-stofgehalte dat varieert van 0,1 tot 0,8% met een gemiddelde van 0,4%. Informatie omtrent de zuurgraad is ontleend aan het Bodemkundig Informatie Systeem van STIBOKA waar pH-KCL waarden van C-horizonten zijn opgeslagen die bemonsterd zijn t.b.v. de bodemkartering van de bladen 44 Oost, 45 West, 50 Oost en 51 West (schaal 1 : 50 000). Op basis hiervan is de zuurgraad bepaald op 5,7 (st.dev. 0,5, n=9). Met deze cijfers wordt de denitrificatiecapaciteit bepaald volgens de in par. 3.1.5 beschreven uitgangspunten, het resultaat staat in tabel 33.

Tabel 33 Denitrificatiecapaciteit voor de regio de Brand afhankelijk van de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

Organische- stofgehalte (%)	pH	Reductiefactor voor zuurgraad (-)	Denitrificatie- capaciteit (kg N/ha.jr.m)
0,4	5,7	0,61	63
0,4	5,2	0,38	40
0,4	6,2	0,81	84
0,1	5,7	0,61	16
0,1	5,2	0,38	10
0,1	6,2	0,81	21
0,8	5,7	0,61	126
0,8	5,2	0,38	80
0,8	6,2	0,81	168

Als berekeningsgrondslag voor de breedte van de bufferzones wordt de gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 63 kg N/ha.jr.m aangehouden.

#### 6.1.6 Ligging van de transsecten

De ligging van de transsecten is weergegeven in fig. 12. Uit het isohypsenpatroon van het freatisch water blijkt dat alleen de beken De Brand en de Zandkantsche Ley een regionaal drainerende werking hebben. Vanwege de kromming in de isohypsen en het feit dat de ligging van de transsecten zo goed mogelijk samen dient te vallen met de stromingsrichting van het grondwater is in de transsecten A1-A2 en B1-B2 in het zuidelijk deel een knik aangebracht. Deze knikken in de transecten markeren dus geen waterscheiding of waterloop maar een verandering in de stromingsrichting van het grondwater.

### 6.2 (Model)berekeningen

#### 6.2.1 Mesttoedeling

Om de hoeveelheid geproduceerde mest en de verdeling daarvan over de verschillende vormen van bodemgebruik te bepalen is het rekenprogramma SLAPP gebruikt voor het genereren van bemestings-scenario's. De hierbij gehanteerde uitgangspunten en opties zijn reeds beschreven in par. 3.2.1.

##### 6.2.1.1 Bemestingsniveaus

De berekeningen met het model SLAPP voor bemestingsscenario 1, op basis van dezelfde uitgangspunten, opties en beperkingen zoals beschreven in par. 3.2.1 en par 3.2.1.1, leiden tot bemestingsniveaus zoals gepresenteerd in tabel 34.

Tabel 34 Bruto stikstofbemestingsniveaus per bodemgebruiksvorm tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering met reductie van de intensieve veehouderij in geval van mestoverschot.

Bodemgebruik	Kg/ha.jr N		
	kunstmest-N	dierlijke mest-N	totaal-N
GRAS			
P0	425	415	840
P1	425	375	800
P2	425	387	812
P3	425	377	802
P4	417	277	694
MAIS			
P0	50	898	948
P1	50	590	640
P2	50	344	394
P3	80	223	303
P4	154	142	296
BOUWLAND			
P0	118	125	243
P1	118	121	239
P2	120	119	239
P3	118	121	239
P4	119	124	243

#### 6.2.1.2 Nitraatuitspoeling en denitrificatie

De benodigde verblijftijd wordt bepaald door maximaal mogelijke uitspoeling te relateren aan de denitrificatiecapaciteit op basis van de gebiedsgemiddelde gegevens t.a.v. de zuurgraad en het organische-stofgehalte.

De resultaten van de bepaling van de nitraatuitspoeling, volgens de in par. 3.2.1.2 besproken methode met de resultaten van bemestingsscenario 1 (zie par 6.2.1.1), staan in tabel 35.



Tabel 35 Nitraatuitspoeling in relatie tot de berekende minerale stikstof afkomstig van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie (in kg N/ha.jr) tijdens de verschillende fasen van de fosfaatnormering. De stikstofuitspoeling is gecorrigeerd voor de grondwatertrap.

Grondgebruik	KM	DM	Surpl.KM	N-atm	N-min	Uitspoeling N
Gras op GT V, VI, VII						
P0	425	415	10	44	744	166
P1	425	375	50	44	758	170
P2	425	387	38	44	754	169
P3	425	377	48	44	757	170
P4	417	277	140	44	778	176
Gras op GT I, II, III						
P0	425	415	10	44	744	24
P1	425	375	50	44	758	24
P2	425	387	38	44	754	24
P3	425	377	48	44	757	24
P4	417	277	140	44	778	25
Mais op GT V, VI, VII						
P0	50	898	0	44	700	175
P1	50	590	0	44	492	138
P2	50	344	0	44	326	106
P3	80	223	0	44	275	95
P4	154	142	12	44	306	102

Gesteld wordt dat het uitgespoelde nitraat volledig gedenitrificeerd dient te worden. Indien de maximale uitspoeling gerelateerd wordt aan de denitrificatiecapaciteit leidt dit tot verblijftijden zoals die gepresenteerd zijn in tabel 36.

Tabel 36 Denitrificatiecapaciteit van het doorstroomde pakket, maximaal te verwachten nitraatuitspoeling en benodigde verblijftijd voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Bodemgebruik (grondwatertrap)	Denitrificatie- capaciteit kg N/ha.jr.m	Maximale uitspoeling kg N/ha.jr	Benodigde verblijftijd jr
Gras (I, II, III)	63	25	0,4
Gras (V, VI, VII)	63	176	2,8
Mais (V, VI, VII)	63	138	2,1

### 6.3 Lokale waterhuishouding

#### 6.3.1 Invoergegevens

Voor het bepalen van de drainagefluxen per simulatie-eenheid (zie par. 3.3) is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- Voorlopige Bodemkaart (Stiboka, schaal 1 : 50 000, kaartblad 44 Oost, 1988).
- Topografische kaart (Topografische Dienst, schaal 1 : 50 000, kaartblad 44 Oost, 1986).
- Hoogtepuntenkaart (Topografische Dienst, schaal 1 : 10 000, 1962).
- Weersgegevens: hiervoor zijn dezelfde gegevens gebruikt als in de studie van het Helvoirts Broek nl. de neerslaggegevens van district 12 over de periode 1971-1987 behalve voor 1982 waar de neerslaggegevens van Chaam gebruikt zijn. De verdampingscijfers zijn dezelfde als in alle overige studies (zie o.a. par. 3.3.1).
- Drainageweerstand: De slootafstanden variëren van 67-267 m, de slootweerstand bedraagt ca. 1,5 d/m. Voor wat betreft het tweede orde systeem is de gebiedsgemiddelde beekafstand op 1650 m, en de gebiedsgemiddelde beekweerstand op 0,6 d/m bepaald, zodat de radiale drainageweerstand 990 dagen bedraagt.

In tabel 37 staan de belangrijkste drainagekarakteristieken zoals die voor dit gebied bepaald zijn.

Tabel 37 Overzicht van de parameters voor eigenschappen van de drainagesystemen van verschillende orden in de regio De Brand.

RES: drainageweerstand; BP: beekpeil; HD: drainageniveau.

Transsect	Drainage-eigenschappen			
	Tweede orde		Derde orde	
	RES2 (etm.)	BP (m + NAP)	RES3 (etm.)	HD (m - mv.)
A1-A2	1401->100 000	9,00-9,30	154-304	0,40-1,00
B1-B2	1085->100 000	6,30-6,40	103-578	0,40-1,00
C1-C2	6016->100 000	6,00	136-400	0,40-1,00

#### 6.3.2 Resultaten

De resultaten van de berekeningen t.a.v. de lokale waterhuishouding te weten de gemiddelde flux per orde drainagesysteem en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in mm/d is gegeven in aanhangsel 4.

De lage tweede orde fluxen zijn een gevolg van het kleine watervoerend vermogen van het doorstroomde pakket (50 m<sup>2</sup>/d). Hierdoor

neemt de horizontale drainageweerstand snel toe naarmate de afstand tot de waterloop groter wordt. Dit is vooral van belang voor de tweede orde drainage weerstanden aangezien de afstand van de simulatie-eenheden tot de beek oploopt tot meer dan 1000 m. De hoge (tweede orde) drainageweerstand leiden tot lage (tweede orde) fluxen.

#### 6.4 De regionale waterhuishouding

##### 6.4.1 Invoergegevens STRELIN

###### **Geohydrologische schematisatie**

Uit de isohypsenpatronen van de verschillende lagen blijkt de drainerende werking van de beken alleen voor het afdekkend pakket. Zoals al in par. 6.1.2 is vermeld zijn vanwege de nabije ligging voor wat betreft de doorlatenheden dezelfde waarden aangehouden als bij de schematisatie van Helvoirts Broek. Dit houdt in een horizontale doorlatendheid van 5,0 m/d en een verticale doorlatendheid van 0,01 m/d. Voor de laagdikte is 10 m aangehouden, de porositeit is op 33% gesteld.

###### **Modelschematisatie**

Voor een beschrijving van de modelschematisatie wordt verwezen naar par. 3.4.1.

##### 6.4.2 Resultaten

###### **Stromingspatroon**

De resultaten van de met STRELIN gesimuleerde grondwaterstroming is weergegeven in de fig. 13, 14 en 15.

Uit deze figuren blijkt dat de drainerende werking van de beken op regionale schaal gering is. Alleen voor transsect C1-C2 blijkt dat er grondwaterstroming is vanaf de Drunensche duinen richting Zandkantsche Ley. Dit water is echter niet afkomstig van landbouwgebied en is daardoor ook niet met nitraat belast.

###### **Reistijden en transportafstanden**

Uit de stroombeelden valt af te leiden dat er slechts in geringe mate sprake is van grondwater wat richting beek stroomt. Op meer dan enige honderden meters van de beek wordt de stromingsrichting van het grondwater niet meer significant beïnvloed door de beek terwijl volgens het isohypsenpatroon de waterscheiding nog niet is bereikt. Om die reden is het in dit geval niet zinvol een gebiedsparameter  $a$  te bepalen zoals dat in voorgaande studies gebeurt is.

Ter bepaling van de bufferbreedten zijn nu functies bepaald waarmee de afgelegde transportafstanden richting beek bepaald kunnen worden afhankelijk van de plaats van infiltratie als afstand tot de beek (i.p.v. als afstand tot de waterscheiding zoals in de voorgaande studies steeds gebeurd is) volgens:

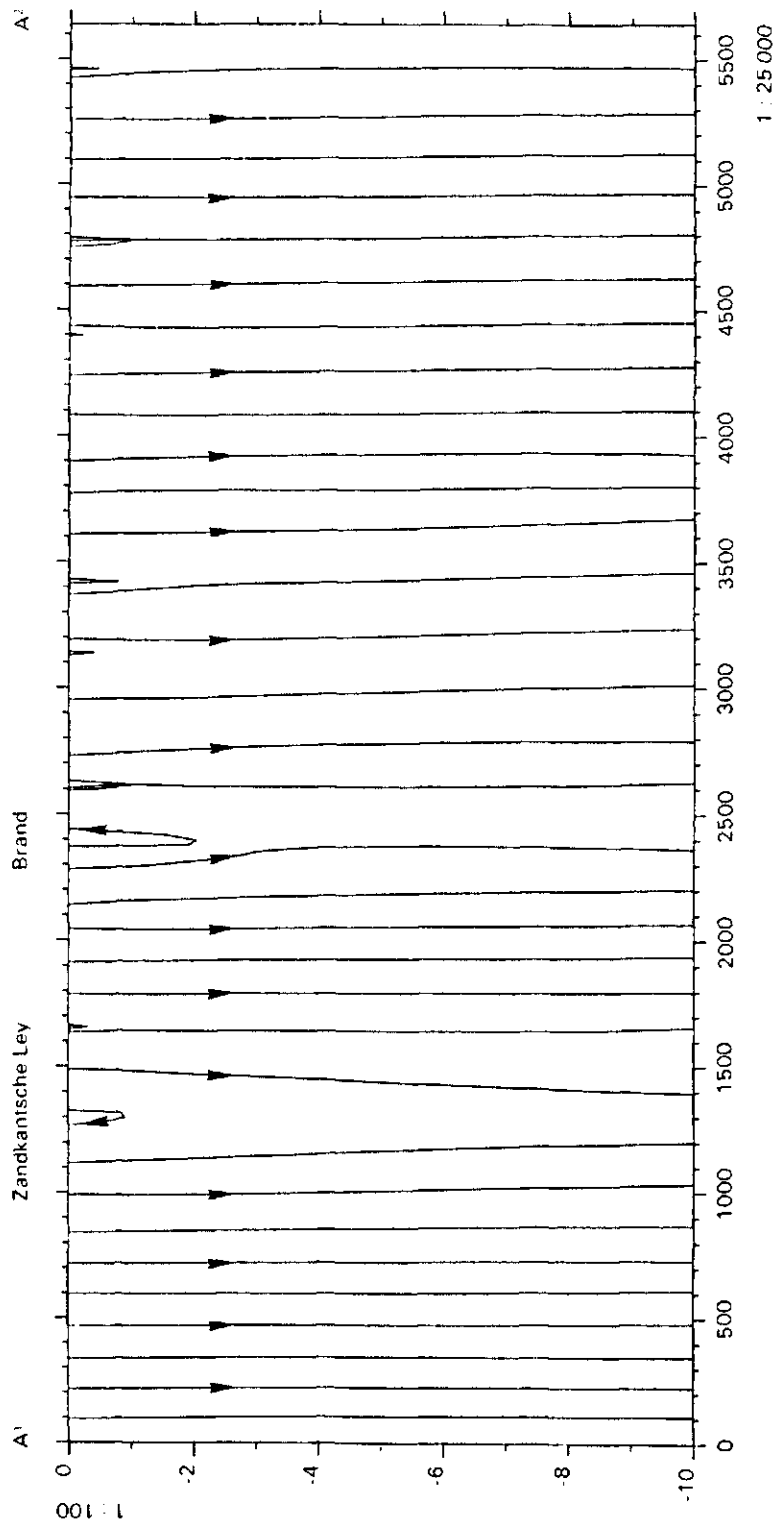


Fig. 13 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect A<sup>1</sup>-A<sup>2</sup> van het bodembeschermingsgebied De Brand

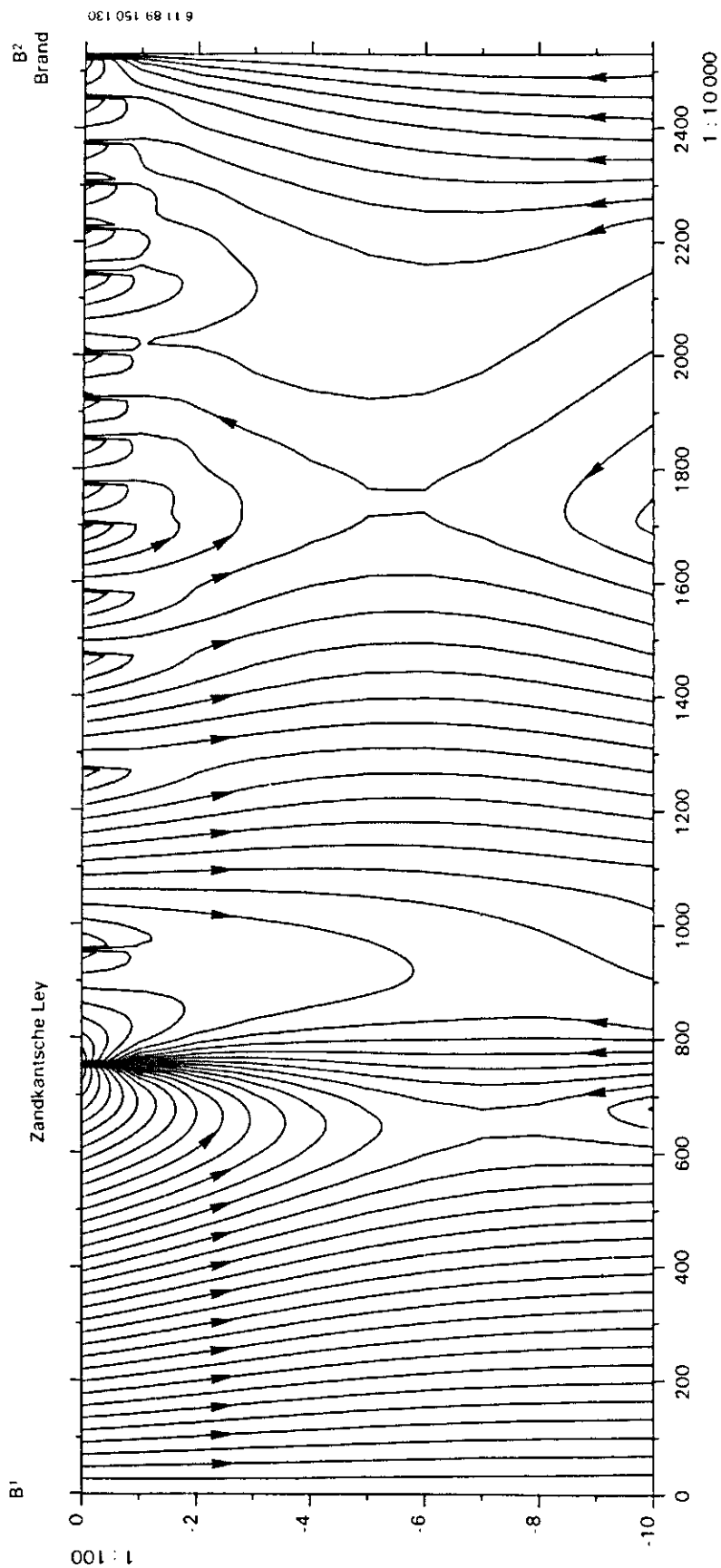


Fig. 14 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect B1-B2 van het bodembeschermingsgebied De Brand

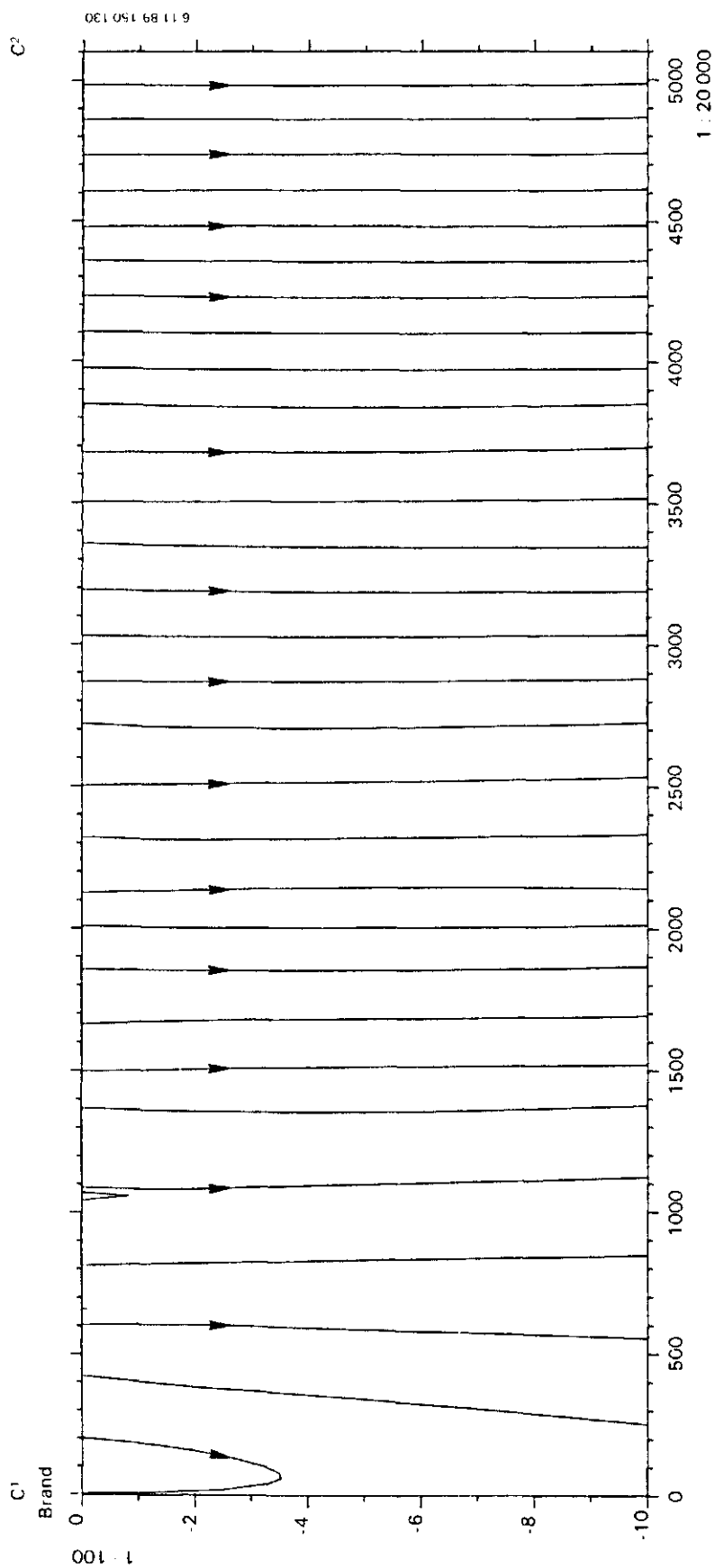


Fig. 15 De met STRELIN gesimuleerde regionale grondwaterstroming langs transect C1-C2 van het bodembeschermingsgebied De Brand

$$Y = b(t) \cdot X + c(t)$$

waar: Y : afgelegde transportafstand richting beek (m)  
 X : plaats van infiltratie als afstand tot de beek (m)  
 b(t), c(t) : gebieds- en tijdsafhankelijke parameters (-)

De parameters b en c zijn bepaald door met STRELIN voor een aantal punten langs het transect, voor een bepaalde verblijftijd, de transportafstand te bepalen en vervolgens m.b.v. lineaire regressie een lineair verband tussen de afgelegde transportafstand en de plaats van infiltratie (als afstand tot de beek) te schatten volgens de kleinste kwadraten methode (Wijvenkate, 1973). Deze functies zijn bepaald voor transporttijden overeenkomend met de benodigde verblijftijden voor volledige denitrificatie (resp. 1, 2 of 3 jaar), het resultaat staat in tabel 38.

Tabel 38 Gebiedsparameters b en c en de correlatiecoëfficiënt hierbij voor de regio De Brand voor het bepalen van de afgelegde transportafstand afhankelijk van de verblijftijd.

Verblijftijd	b	c	Correlatiecoëfficiënt
1 jaar	-0,061	22,8	-0,69
2 jaar	-0,109	46,7	-0,75
3 jaar	-0,131	53,0	-0,69

Uit de resultaten blijkt dat de grondwaterstroming op meer dan ca. 400 meter van de beek niet meer door de beek beïnvloed wordt.

## 6.5 Bufferbreedten

Toepassing van de in par. 6.4 bepaalde functies leidt tot bufferbreedten zoals aangegeven in tabel 39.

Tabel 39 Bufferbreedten bij verschillende vormen van bodemgebruik bovenstrooms van de te beschermen gebieden en voor variërende afstand X tot aan de beek bij een gemiddelde denitrificatiecapaciteit van 63 kg/ha.jr.m. Tussen haakjes is de verblijftijd aangegeven die nodig is voor volledige denitrificatie van het uitgespoelde nitraat.

Afstand X (m)	Bufferbreedte (m)		
	mais V-VII (2 jr)	gras V-VII (3 jr)	gras I-III (1 jr)
50	36	46	20
100	31	40	17
150	25	33	14
200	20	27	11
250	14	20	8
300	9	14	5
350	4	7	1
400	0	1	0

Voor de intrepetatie van dit nomogram leidend tot een ruimtelijke weergave van de bufferzones wordt verwezen naar par. 3.5.2.



## LITERATUUR

Adriaanse, P.I., 1988. Lokale waterhuishouding en stikstofhuishouding in een beekdal langs de Dommel; toepassing van de modellen WATBAL en ANIMO. Wageningen, ICW. Nota 1874.

Adriaanse, P.I. en R.H. Kemmers, 1988. Bufferzones tegen nitraatinspoeling in beekdalen; ontwikkeling van een methode voor het vaststellen van de ligging en breedte. Wageningen, ICW. Rapport 27, pp 97.

Dort, T.C.M. van en R.H. Kemmers, 1988. Bufferzones tegen nitraatinspoeling in Beekdalen; vuistregels voor de bepaling van de omvang. Wageningen, ICW. Rapport 35.

Groenendijk, P., 1987. Onderzoek naar de effecten van wateraanvoer en peilveranderingen in agrarische gebieden op de waterkwaliteit in natuurgebieden. Deel 8: STRELIN, een computerprogramma voor de berekening van stroomlijnen, potentialen en verblijftijden. Wageningen, ICW. Nota 1810.

Kolenbrander, G.J., 1981. Leaching of nitrogen in agriculture. In: Brogan, J.C. et al.: Nitrogen losses and surface runoff from landspreeding of manures. Development in plant and soil sciences, Vol. 2, Martinus Nijhof/Dr. W. Junk publishers, pp 199-217.

Langbein, J.B.M., 1975. Grondwaterkaart van Nederland; inventarisatierapport Midden-Brabant. Delft, Dienst Grondwaterverkenning TNO.

Lebbe, L. et. al. 1981. Hydrologische, Bodemkundige en Ekologische studie van de "Kalmhoutse heide" en de omliggende landbouwgronden. Samenvatting en Besluit. Rijksuniversiteit Gent, Leerstoel voor de bodemfysika.

Lekahena, E.G., 1983. Grondwaterkartering van Nederland, schaal 1 : 100 000 Centrale Slenk. Delft/Oosterwolde. Dienst Grondwaterverkenning TNO.

Lekahena, E.G. en G.A.G. Nelisse, 1974. Grondwaterkaart van Nederland. Kaartbladen 45 West en 45 Oost. Delft. Dienst grondwaterverkenning TNO.

Mulschlegel, J., 1986. Subregionaal geohydrologisch onderzoek in het oostelijk deel van westelijk Noord-Brabant. Bilthoven. RIVM.

Redactiegroep Eindrapport Merkske Onderzoek, 1988. Ecohydrologisch onderzoek van het Merkske stroomgebied, Benelux Economische Unie.

Steenvoorden, J.A.H.M., 1983. Nitraatbelasting van het grondwater in zandgebieden; denitrificatie in de ondergrond. Wageningen. ICW. Nota 1799. pp 32.

Stiboka, 1962. Ruilverkaveling de Zaligheden. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering. Rapport 573.

Stiboka, 1980. Ruilverkaveling Baarle Nassau. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering. Rapport 1392.

Stiboka, 1984. Bodemkaart van Nederland. Blad 49 Oost en 50 west. Wageningen. Stichting voor Bodemkartering.

Stiboka, 1984. Bodemkaart van Nederland. Blad 51 West. Wageningen. Stichting voor bodemkartering.

Stiboka, 1988. Bodemkaart van Nederland. Kaartblad 44 Oost (voorlopig). Wageningen. Stichting voor Bodemkartering.

Topografische Dienst, 1962. Hoogtepuntenkaart. Blad 50 Oost D Noord en 50 West G Noord en Zuid, schaal 1 : 10 000. Delft.

Topografische Dienst, 1962. Hoogtepunten kaart, kaartblad 51 West C Noord en Zuid, schaal 1 : 10 000. Delft.

Topografische Dienst, 1962. Hoogtepuntenkaart. Kaartblad 50 West A-Zuid en 49 Oost G Noord, schaal 1 : 10 000. Delft.

Topografische Dienst, 1962. Hoogtepuntenkaart. Blad 44 Oost H Zuid, schaal 1 : 10 000. Delft.

Topografische Dienst, 1986. Topografische kaart, kaartblad 51 West, schaal 1 : 50 000. Delft.

Topografische Dienst, 1986. Topografische kaart. Kaartblad 49 Oost en 50 West, schaal 1 : 50 000. Delft.

Topografische Dienst, 1986. Topografische kaart. Blad 50 Oost en West, schaal 1 : 50 000. Delft.

Topografische Dienst, 1986. Topografische kaart. Blad 44 Oost, schaal 1 : 50 000. Delft.

Walsum, P.E.V. van, 1988. SLAPP; een rekenprogramma voor het genereren van bemestingsscenario's (betreffende dierlijke mest en stikstofkunstmest) ten behoeve van milieu-effectonderzoek. Wageningen, ICW. Nota 1920.

Wijnands, J.H.M. en H.H. Luesink, 1985. Transport en verwerking van mestoverschotten in Nederland. 's Gravenhage. Publikatie no. 3.130. LEI.

Wijvekate, M.L. 1973. Verklarende statistiek. Aula-boeken, nr. 39.

## AANHANGSEL 1

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio de Grootte Beerze.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	gras	V*	0,713	0,443	0,114	0,156
2	gras	VI	0,801	0,512	0,173	0,116
3	bos	VI	0,698	0,325	0,135	0,238
4	gras	VI	0,801	0,160	0,271	0,370
5	mais	VI	0,895	0,135	0,522	0,238
6	mais	V*	0,858	-0,135	0,837	0,156
7	gras	V*	0,713	-0,469	0,982	0,200
8	gras	VI	0,801	-0,504	1,105	0,200
9	gras	V	0,713	-1,427	1,902	0,238
10	mais	V	0,858	-1,402	1,860	0,400
11	mais	III	0,820	-1,776	2,226	0,370
12	gras	V	0,713	-1,019	1,446	0,286
13	gras	VII*	0,866	0,365	0,444	0,057
14	gras	V*	0,713	-2,384	2,811	0,286
15	gras	III	0,684	-1,717	2,163	0,238
16	gras	V*	0,713	-0,865	1,208	0,370
17	gras	III*	0,684	-1,779	2,008	0,455
18	gras	V*	0,713	-1,259	1,734	0,238
19	gras	VII*	0,866	0,422	0,339	0,105
20	bos	VII*	0,780	0,405	0,309	0,066
21	mais	VII*	0,951	0,816	0,131	0,004
22	mais	VI	0,895	0,601	0,138	0,156
23	mais	V*	0,858	0,755	0,083	0,020

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect B1-B2 voor de regio de Grootte Beerze.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	bos	VI	0,716	-0,208	0,724	0,200
2	gras	V*	0,713	-0,489	1,020	0,200
3	gras	III*	0,701	-0,444	0,745	0,400
4	bos	III*	0,677	-0,552	0,654	0,575
5	gras	III*	0,701	-0,166	0,382	0,485
6	bos	III*	0,677	-0,296	0,689	0,284
7	gras	V*	0,733	-0,204	0,735	0,200
8	bos	V*	0,683	-0,512	1,079	0,116
9	gras	V*	0,783	-0,253	0,781	0,200
10	gras	III*	0,684	-0,913	1,029	0,568
11	gras	V*	0,740	-1,421	1,877	0,284
12	gras	VI	0,801	0,063	0,543	0,195
13	gras	V*	0,740	0,089	0,299	0,352
14	mais	V*	0,858	0,427	0,273	0,158
15	bos	VII*	0,789	0,623	0,166	0,000



## AANHANGSEL 2

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio De Turfvaart.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
4	mais	VII	1,011	0,500	0,469	0,042
5	gras	VII	0,926	0,382	0,502	0,042
6	gras	VII*	0,900	0,000	0,903	0,000
7	mais	VII*	1,043	0,327	0,716	0,000
8	gras	VII*	0,900	0,632	0,268	0,000
9	gras	III*	0,777	0,335	0,340	0,102
10	bos	VI	0,758	0,021	0,650	0,087
11	bos	V*	0,700	0,346	0,127	0,227
12	bos	VI	0,758	0,492	0,028	0,238
13	gras	III	0,744	0,544	0,020	0,180
14	gras	VI	0,861	0,707	0,010	0,144
15	gras	VII	0,926	0,875	0,010	0,041

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect B1-B2 voor de regio De Turfvaart.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	bos	VI	0,758	0,488	0,005	0,265
2	bos	V	0,725	0,474	0,014	0,237
3	mais	V	0,918	0,668	0,055	0,195
4	bos	V	0,725	0,341	0,179	0,205
5	gras	V	0,773	0,092	0,414	0,267
6	gras	VII	0,926	0,292	0,581	0,053
7	gras	V	0,773	-0,409	0,979	0,203
8	gras	III	0,744	-0,290	0,708	0,326
9	mais	III	0,800	0,152	0,322	0,326
10	mais	VI	0,955	0,228	0,544	0,183
11	gras	V*	0,800	0,028	0,612	0,160
12	gras	V	0,773	0,223	0,335	0,195
13	bos	V	0,725	0,384	0,148	0,193



## AANHANGSEL 3

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio Het Merkske.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	gras	VI	0,821	0,587	0,043	0,191
2	gras	VII	0,886	0,687	0,137	0,062
3	gras	VI	0,821	0,277	0,363	0,181
4	gras	III	0,704	-0,295	0,264	0,735
5	gras	VI	0,821	0,092	0,585	0,144
6	mais	VI	0,915	0,376	0,239	0,300
7	gras	V*	0,760	-0,073	0,333	0,500
8	gras	VI	0,821	0,121	0,339	0,361
9	mais	III	0,820	-0,531	0,351	1,000
10	bos	VI	0,718	0,169	0,358	0,191
11	mais	VI	0,915	0,004	0,550	0,361
12	gras	V*	0,760	-0,322	0,582	0,500
13	gras	VI	0,821	0,215	0,424	0,182
14	mais	VI	0,915	0,372	0,182	0,361
15	bos	V	0,685	-0,063	0,146	0,602
16	mais	V*	0,878	0,560	0,000	0,318
17	gras	III	0,704	0,070	0,028	0,606
18	gras	VI	0,821	0,639	0,000	0,182
19	mais	V*	0,878	0,659	0,100	0,119
20	mais	VI	0,915	0,655	0,189	0,071
21	bos	VII	0,780	0,670	0,068	0,042
22	gras	VII	0,886	0,812	0,032	0,042
23	mais	VI	0,915	0,764	0,026	0,125
24	bos	VII	0,780	0,735	0,003	0,042
25	bos	VI	0,718	0,592	0,001	0,125
26	bos	VII	0,780	0,719	0,000	0,061

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect B1-B2 voor de regio Het Merkske.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	gras	V	0,733	-0,345	0,374	0,704
2	gras	V*	0,760	-0,194	0,405	0,549
3	gras	V	0,733	-0,386	0,570	0,549
4	gras	V*	0,760	0,077	0,534	0,149
5	gras	V	0,733	0,089	0,596	0,048
6	gras	V*	0,760	0,056	0,291	0,413
7	mais	VI	0,915	0,522	0,032	0,361
8	gras	VI	0,821	0,320	0,001	0,500
9	gras	VII	0,815	0,646	0,000	0,205
10	bos	VII	0,809	0,604	0,000	0,205

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect C1-C2 voor de regio Het Merkske.

Simulatie- eenheid	Bodem- gebruik	Grondwater- trap	Neerslag- overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	gras	V	0,733	-0,120	0,194	0,659
2	gras	V*	0,760	0,270	0,172	0,318
3	gras	VI	0,821	0,180	0,582	0,059
4	mais	VI	0,915	0,377	0,479	0,059
5	gras	VI	0,821	0,450	0,269	0,102
6	gras	V*	0,760	0,434	0,227	0,099
7	mais	VI	0,886	0,709	0,118	0,059
8	mais	VII	0,971	0,905	0,017	0,049
9	mais	VI	0,915	0,675	0,004	0,236
10	mais	VII	0,971	0,891	0,001	0,079
11	mais	VI	0,915	0,723	0,001	0,191
12	gras	VI	0,821	0,538	0,000	0,283
13	gras	V*	0,760	0,288	0,000	0,472
14	mais	V*	0,878	0,253	0,000	0,625
15	gras	VI	0,821	0,398	0,000	0,423
16	bos	VII	0,780	0,570	0,100	0,110
17	gras	V	0,878	0,183	0,223	0,472
18	gras	VI	0,915	0,346	0,378	0,191
19	gras	V*	0,878	0,199	0,509	0,170
20	gras	VI	0,915	0,267	0,457	0,191
21	mais	V	0,878	-0,122	0,434	0,566
22	gras	V	0,733	-0,185	0,352	0,566



## AANHANGSEL 4

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect A1-A2 voor de regio De Brand.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	mais	VI	0,915	0,816	0,000	0,099
2	gras	VI	0,821	0,722	0,000	0,099
3	bos	VI	0,718	0,616	0,003	0,099
4	mais	VI	0,915	0,740	0,004	0,171
5	gras	VI	0,821	0,530	0,096	0,195
6	bos	VI	0,718	0,327	0,220	0,171
7	gras	VI	0,821	0,624	0,026	0,171
8	mais	VI	0,915	0,695	0,097	0,123
9	gras	VI	0,821	0,556	0,142	0,123
10	gras	V*	0,760	0,306	0,209	0,245
11	mais	V*	0,878	0,568	0,065	0,245
12	gras	V*	0,760	0,395	0,000	0,365
13	mais	V	0,878	0,700	0,000	0,178
14	gras	V	0,733	0,502	0,000	0,231
15	bos	VI	0,718	0,570	0,000	0,148
16	mais	V	0,878	0,553	0,000	0,325
17	gras	V	0,733	0,408	0,000	0,325

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect B1-B2 voor de regio De Brand.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	bos	VII*	0,899	0,545	0,264	0,000
2	bos	I	0,650	-0,899	1,056	0,493
3	bos	III	0,679	0,142	0,209	0,328
4	gras	III	0,704	0,422	0,032	0,250
5	mais	III	0,820	0,327	0,000	0,493
6	bos	III	0,679	-0,134	0,000	0,813
7	gras	III	0,704	-0,122	0,013	0,813
8	gras	II	0,689	-0,561	0,279	0,971
9	bos	III	0,679	-0,544	0,314	0,909

Overzicht van drainagefluxen en het neerslagoverschot per simulatie-eenheid in relatie tot de grondwatertrap en het bodemgebruik van transsect C1-C2 voor de regio De Brand.

Simulatie-eenheid	Bodem-gebruik	Grondwater-trap	Neerslag-overschot	Eerste orde	Tweede orde	Derde orde
1	gras	V	0.733	0.355	0.173	0.205
2	bos	V	0.685	0.358	0.002	0.325
3	gras	V	0.733	0.408	0.000	0.325
4	bos	V	0.685	0.317	0.000	0.368
5	gras	VI	0.821	0.746	0.000	0.075
6	gras	V	0.733	0.569	0.000	0.164
7	gras	VI	0.821	0.698	0.000	0.123
8	mais	VI	0.915	0.840	0.000	0.075
9	gras	V	0.733	0.528	0.000	0.205
10	gras	VI	0.821	0.694	0.000	0.127
11	mais	VI	0.915	0.694	0.000	0.221
12	gras	VI	0.821	0.600	0.000	0.221
13	gras	VII	0.886	0.847	0.000	0.039
14	mais	VII	0.971	0.946	0.000	0.025

## AANHANGSEL 5

Waarden voor de nitraatuitspoeling voor verschillende niveaus van de minerale stikstofbemesting volgens de vuistregel van Kolenbrander (1981). De gegeven waarden gelden voor grasland of bouwland op zandgronden.

Bemestingsniveau (kg N-min/ha.jr)	Nitraatuitspoeling (kg N-NO <sub>3</sub> /ha.jr)	
	grasland	bouwland
0	5,5	45
50	5,5	60
100	6,0	80
150	6,5	95
200	8,0	115
250	13	127
300	20	145
325	30	152
350	42	160
375	56	168
400	70	175
425	82	180
450	95	185
475	107	192
500	120	200
550	145	213
600	170	225
650	195	238
700	220	250
800	260	280
900	300	305
1000	330	330